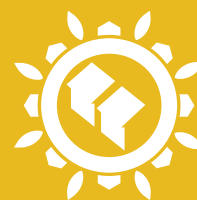
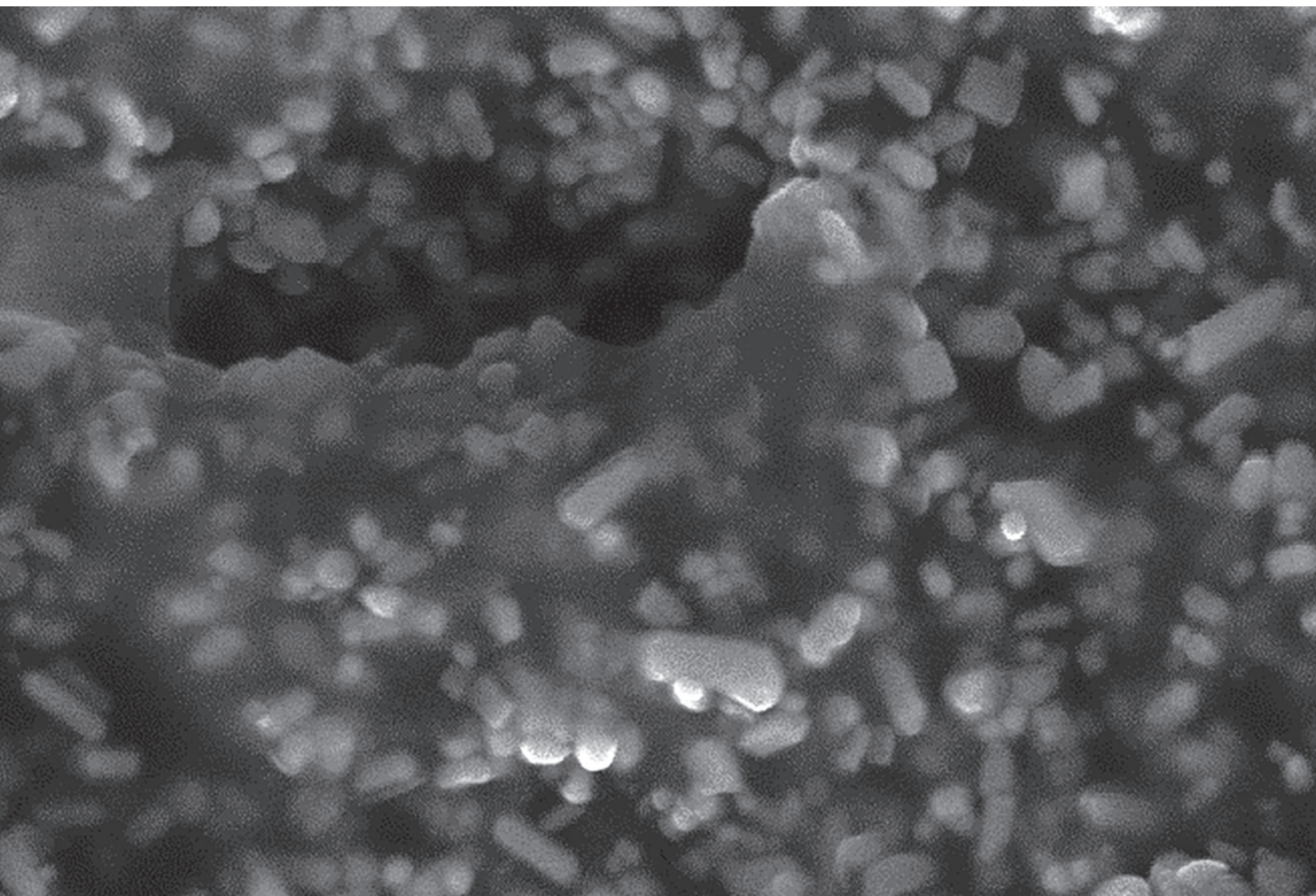


Nanomaterialer i arbejdsmiljøet

Arbejdsmiljø i industrien



bfa-i.dk



Denne vejledning er finansieret af BFA Industri, som er det fælles arbejdsmiljøforum for arbejdsmarkedets parter i industrien. Indholdet er udtryk for parternes fælles holdning til emnet.

Vejledningen er generel, og derfor kan der være forhold i virksomheden, som gør, at de bør kontakte en autoriseret arbejdsmiljørådgiver.

Arbejdstilsynet har haft vejledningen til gennemsyn og finder, at indholdets tekst og billeder knyttet til arbejdsmiljøforhold opfylder de krav, der følger af arbejdsmiljølovgivningen. Arbejdstilsynet har alene vurderet vejledningen, som den foreligger, og gør opmærksom på, at der kan være problemstillinger og krav, der ikke er behandlet i vejledningen.

Denne og andre publikationer, som omhandler et godt og sikkert arbejdsmiljø, findes i elektronisk form på BFA Industris hjemmeside: www.bfa-i.dk

Trykte eksemplarer kan også fås ved henvendelse til egne organisationer.

Vejledningen erstatter de tre inspirationspjecer om nanopartikler i arbejdsmiljøet (laboratorier, opblanding af kompositter og overfladebehandling) fra september 2011 og januar 2012.

Vejledningen er udarbejdet af COWI A/S og det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø (NFA).



bfa-i.dk

Layout: COWI

Tryk: Dansk Metal

Oplag: 1.000

ISBN-nummer: 978-87-93916-06-7

November 2019



Indhold

6

1. Introduktion
 - 1.1 Hvad er nanomaterialer?
 - 1.2 Nanomaterialer kan udgøre en sundhedsrisiko
 - 1.3 Viden om og håndtering af nanomaterialer
 - 1.4 Forebyggelse og lovkrav

8

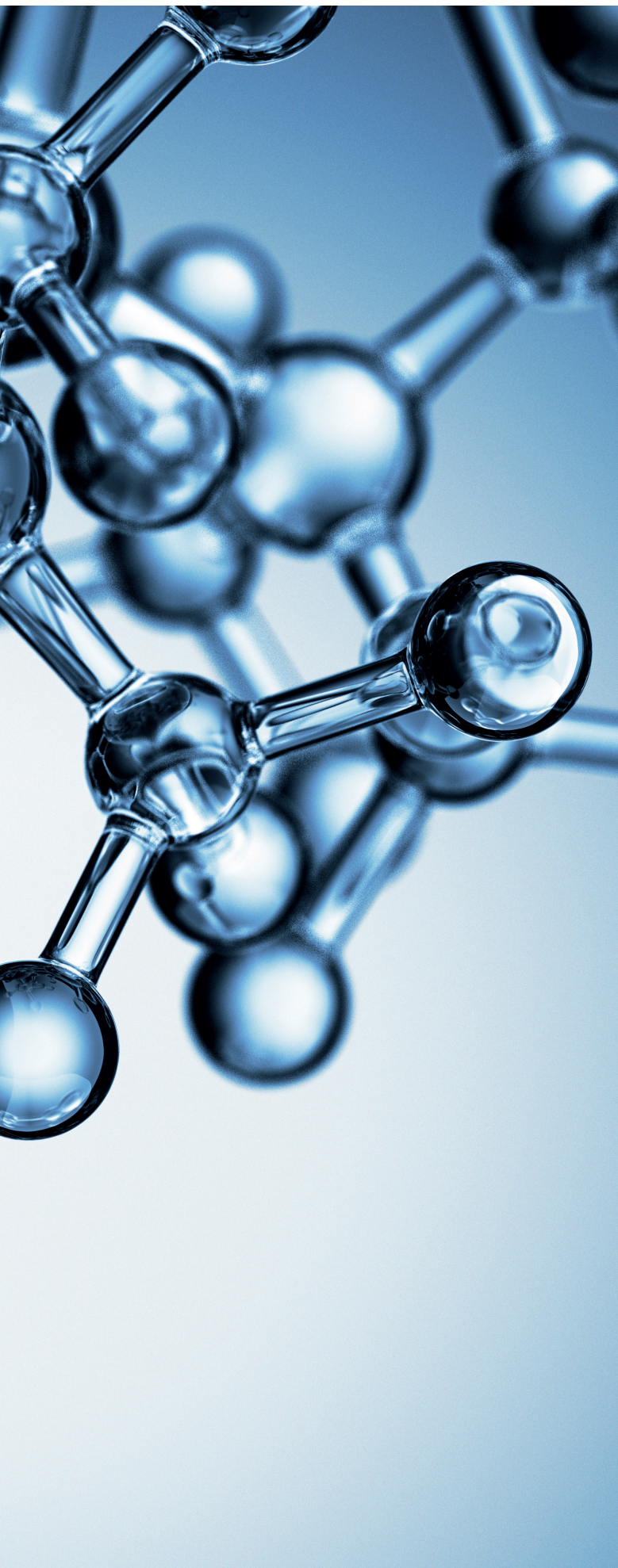
- 2 DEL A
Producerer eller anvender jeres virksomhed nanomaterialer?
 - 2.1 DEL A, Trin 1
Indledende overvejelser og screening
 - 2.2 DEL A, Trin 2
Er materialet et nanomateriale?

17

- 3 DEL B
Sikker anvendelse af nanomaterialer
 - 3.1 Produktion og anvendelse
 - 3.2 Andre forhold og processer

25

- Bilag A Hvad er nanomaterialer?
- Bilag B Forslag til formuleringer til leverandørhenvendelser



Forord

BFA Industri håber med denne vejledning at bidrage til, at virksomheder kan afklare, om de arbejder med nanomaterialer og i givet fald, hvilke sikkerhedsforanstaltninger som bør følges. Vejledningen angiver det niveau og den praksis, som parterne ønsker, der skal være til stede ved arbejde med nanomaterialer.

Formålet med vejledningen er at sætte virksomheders arbejdsmiljøorganisation i stand til at vurdere arbejdsmiljøforhold i forbindelse med udførelsen af arbejdsopgaver, som omfatter nanomaterialer, så de nødvendige tiltag kan sættes i værk for at sikre et sundt og sikkert arbejdsmiljø.

Vejledningen giver indsigt i, hvad nanomaterialer er, hvor de som oftest anvendes, og hvad man kan gøre for at beskytte medarbejdere mod udsættelse for disse materialer. Der er ligeledes oplysninger om, hvor og hvordan man kan få afklaret, om de materialer, man anvender, er eller indeholder nanomaterialer.

Parterne i BFA Industri er enige om at anbefale højst mulige beskyttelsesforanstaltninger ved arbejde med nanomaterialer, da der er mulige sundhedsmæssige følgevirkninger ved udsættelse for nanomaterialer.

1 Introduktion

1.1 Hvad er nanomaterialer?

Nanomaterialer er små partikler eller objekter, som kan være relativt nye materialer, såsom kulstofnanorør og fullerener eller små partikler af mere velkendte materialer såsom titaniumdioxid (TiO_2) og silika (SiO_2). Nanomaterialer kan også være overfladebehandlede ("coatede" eller funktionaliserede) med én eller flere andre kemiske forbindelser. Fællesnævneren for nanomaterialer er ikke materialerne, men deres meget lille størrelse (nanoformen).

Nano og nanomaterialer

'Nano' kommer af det græske 'nanos', der betyder dværg. En nanometer eller *nm* er en milliardtedel meter og svarer således til 0,000000001 eller 10^{-9} meter. Partikler, flager og fibre, som har en mindste-diameter på 1 til 100 nm, anses for at være nanomaterialer. Se flere detaljer i Bilag A.

1.2 Nanomaterialer kan udgøre en sundhedsrisiko

Det er velkendt, at det kan påvirke helbredet, hvis man gennem lang tid udsættes for støv i arbejdsmiljøet. Især hvis der er tale om meget små luftbårne partikler. Resultater fra dyreforsøg har påvist, at en række nanomaterialer også kan medføre sundhedsskadelige effekter. Oftest er nanomaterialerne mere skadelige end større partikler af samme stof.

Forskningen tyder på, at det generelt er indånding af nanomaterialer, der medfører de største sundhedsrisici. Derfor fokuserer denne vejledning på at give læseren den viden og information, som er nødvendig for at kunne vurdere, hvordan man undgår eller minimerer indånding af nanomaterialer i arbejdsmiljøet.

Hudeksponering for nanomaterialer leder normalt ikke til effekter på huden eller til optag gennem huden, men ansatte bør stadig tage sig i agt og anvende egnede værnemidler. Man skal være særligt opmærksom på hudeksponering, når nanomaterialerne er mindre end 5-10 nm, eller hvis huden er skadet. Man skal også notere sig, at hudeksponering kan være årsag til, at man utilsigtet får materialet i munden (oral eksponering). Derfor skal man også notere sig stoffernes mulige effekter ved eksponering via mave-tarm-systemet.

Det skal understreges, at selvom et materiale er et nanomateriale, så er det ikke ensbetydende med, at stoffet per automatik er farligt. Omvendt betyder det heller ikke, at et materiale per automatik er ufarligt, hvis det ikke er et nanomateriale. Udsættelse via indånding forbundet med støvende arbejde bør i det hele taget elimineres eller reduceres, og mange af de råd, som gives i denne vejledning, kan med fordel anvendes, uanset om støvet indeholder nanomaterialer eller ej. Det samme gælder for procesgenererede nanomaterialer, som kan frigives fra en række højtemperatur- og højenergiprocesser (f.eks. svejsning, slibning og fræsning), og som ikke er hovedfokus i denne vejledning.

Fokus i denne vejledning

Denne vejledning fokuserer på såkaldte tekniske nanomaterialer. Det vil sige nanomaterialer, som bevidst produceres eller anvendes som råvarer og i produkter.

Mange af de råd, som gives i vejledningen, er også generelt relevante for støv og for såkaldte procesgenererede nanomaterialer. De optræder eksempelvis som følge af svejsning, slibning eller fræsning.

Vejledningen giver primært råd til at forebygge eksponering via indånding, som anses for at være den væsentligste sundhedsmæssige risiko.

1.3 Viden om og håndtering af nanomaterialer

Dansk Center for Nanosikkerhed gennemførte i 2016 en undersøgelse af danske virksomheders kendskab til og håndtering af nanomaterialer i arbejdsmiljøet.

Undersøgelsen viste især tre ting. For det første at et potentielt stort antal af medarbejdere på danske virksomheder udsættes for nanomaterialer i arbejdsmiljøet. For det andet at mange virksomheder ikke er klar over, om deres medarbejdere udsættes for eller kunne anvende nanomaterialer. Og for det tredje, at der synes at være et behov for mere vejledning i sikker håndtering af nanomaterialer.

Denne vejledning har derfor følgende to overordnede formål:

- Vejledningen kan hjælpe virksomheder med at afklare, om de anvender nanomaterialer, som kan lede til eksponering via indånding.

Dette udgør DEL A af vejledningen.

- Vejledningen kan give virksomhederne råd og vejledning om sikkerhedsforanstaltninger, der kan implementeres for at håndtere risici forbundet med nanomaterialer.

Dette udgør DEL B af vejledningen.



Hvis I allerede ved, at I producerer eller anvender tekniske nanomaterialer, kan I gå direkte til DEL B og få inspiration til at arbejde sikkert med nanomaterialer.

1.4 Forebyggelse og lovkrav

Dansk arbejdsmiljølovgivning og praksis for risikohåndtering støtter sig til et generelt beskyttelseshierarki, som skal forebygge mod udsættelse for kemikalier i arbejdsmiljøet i den rigtige rækkefølge:

1. Fjern udsættelsen
2. Begræns udsættelsen
3. Beskyt mod udsættelsen

Dette kan i praksis omsættes til handling ved at anvende STOP-princippet:

- S = Substitution
- T = Tekniske foranstaltninger
- O = Organisatoriske foranstaltninger
- P = Personlige beskyttelsesforanstaltninger

Se yderligere information på Arbejdstilsynets hjemmeside.

Mulighederne for at kunne substituere/eliminere nanomaterialer hænger tæt sammen med deres anvendelse i de specifikke processer og produkter i en given produktion. Mulighederne for at implementere specifikke organisatoriske og administrative foranstaltninger er ligeledes tæt forbundet med den givne produktion. Denne vejledning kan således kun give en række generelle råd om substitution og organisatoriske foranstaltninger.

Vejledningen vil i stor udstrækning fokusere på tekniske foranstaltninger og personlige beskyttelsesforanstaltninger, herunder ikke mindst værnemidler. Det skal derfor understreges, at virksomheden uafhængigt af denne vejledning skal vurdere, om substitution vil være relevant i den givne produktion.

Arbejde med nanomaterialer er underlagt kravet om kemisk risikovurdering. Arbejdstilsynet har udgivet en At-vejledning om specifik kemisk risikovurdering for arbejdet med nanomaterialer – med udgangspunkt i hierarkiet for forebyggelse. At-vejledning 9.3.1 Arbejde med nanomaterialer kan downloades fra Arbejdstilsynets hjemmeside.

Nærværende vejledning supplerer At-vejledningen med mere konkret vejledning på en række punkter.

2 DEL A Producerer eller anvender jeres virksomhed nanomaterialer?

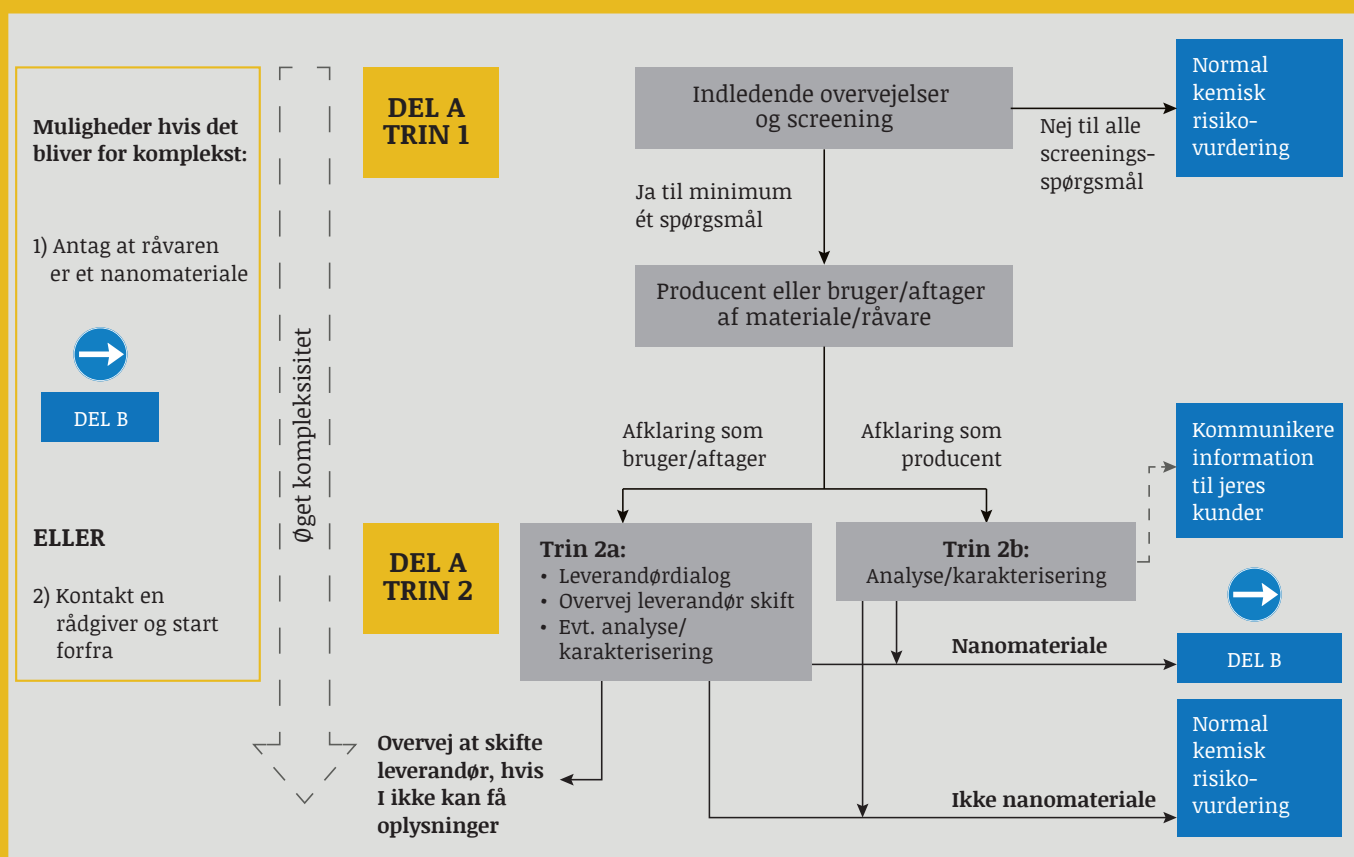
Hvis det ikke kendes direkte fra produktionen eller af informationerne fra leverandøren, kan det være svært at vide, om man i en virksomhed anvender eller producerer tekniske nanomaterialer. Altså om man bevidst producerer, håndterer eller tilsætter nanomaterialer til sine råvarer og produkter.

I dette kapitel præsenterer vi en praktisk metode, som I kan benytte til at finde ud af, om I anvender eller producerer nanomaterialer i jeres virksomhed – eller om der er en sandsynlighed for, at I gør det. Som nævnt ovenfor fokuserer denne vejledning på produktioner og processer, hvor der kan være mulighed for udsættelse for nanomaterialer ved indånding.

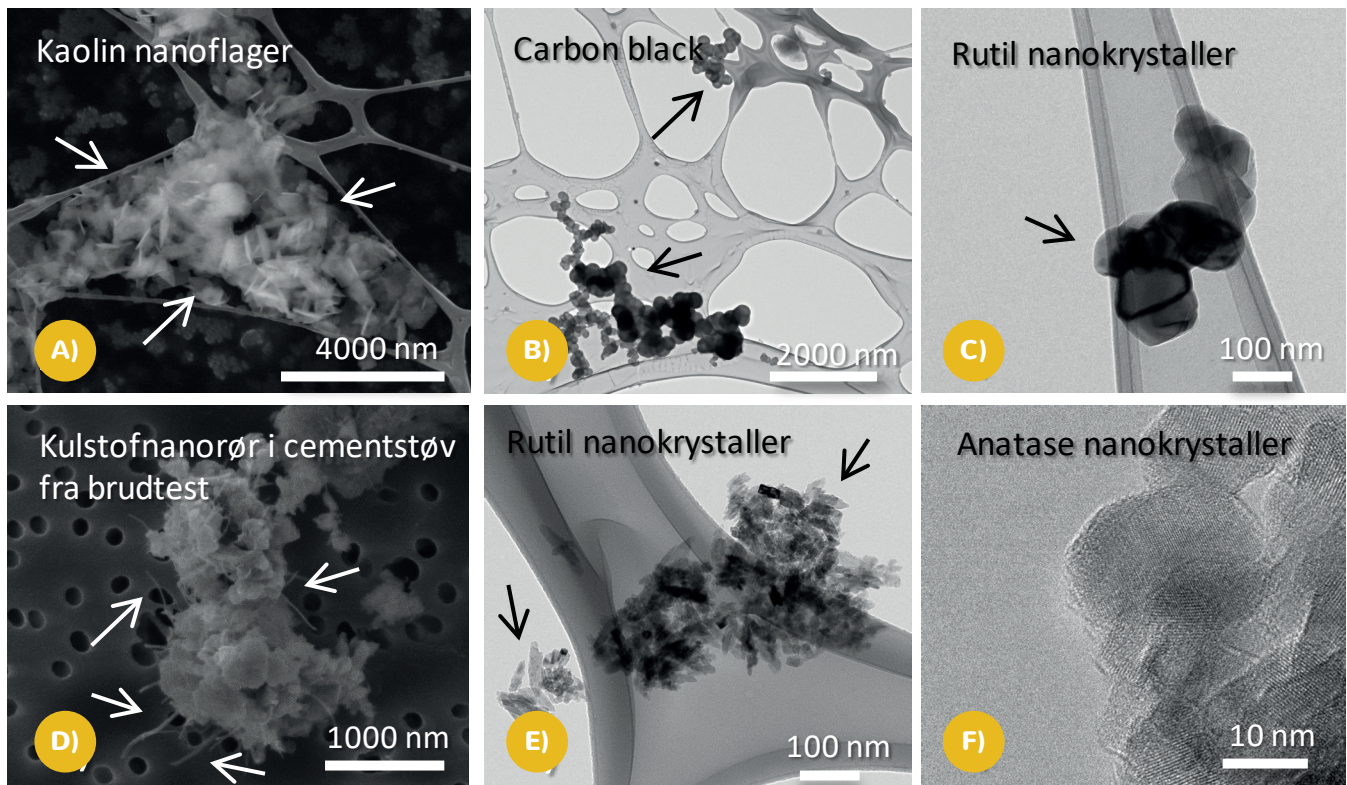
Det første trin i metoden er en screening. Den kan I bruge til at afklare, om jeres virksomhed muligvis producerer eller anvender tekniske nanomaterialer. I det andet trin kan I afklare, om en bestemt råvare eller et produceret materiale bør anses for at være et nanomateriale eller ej.

Afhængig af om jeres virksomhed er **bruger/aftager** af en råvare, eller om den er **producent** af et materiale/en råvare, er der forskellige fremgangsmåder til at indhente information om, hvorvidt I håndterer et nanomateriale.

Figur 1 giver overblik over fremgangsmåden.



FIGUR 1: Fremgangsmåde til afklaring af om virksomheden producerer eller anvender nanomaterialer.



Elektron mikroskopibilleder af forskellige nanomaterialer.

- A) Kaolinit-flager med flagetykkelse under 100 nm.
- B) Sammenklumpede og frie kugleformige partikler af carbon black med størrelser under og over 100 nm.
- C) Rutil (TiO_2) nanokrystaller med en typisk diameter på ca. 80 nm.
- D) Støvparkler fra laboratorietest med eksperimentel cement tilsat kulstofnanorør, der stikker ud fra cementpartiklerne.
- E) Aflange rutil-nanopartikler mindre end 100 nm – en anden form end dem, der ses i Figur C.
- F) Sammensmeltede anatase (TiO_2) nanokrystaller med en typisk størrelse på 10 – 20 nm.

Som det fremgår af Figur 1, kan der være forskellige behov for at indhente information om materialet for at afgøre, om en råvare eller et produceret produkt er et nanomateriale.

Hvis opgaven om afklaringen bliver for kompleks, kan det være en god ide at hente hjælp hos en rådgiver. I kan også vælge at antage, at råvaren eller produktet er et nanomateriale og gå direkte til at implementere passende sikkerhedsforanstaltninger, som beskrevet i DEL B af denne vejledning.

2.1 DEL A, TRIN 1 Indledende overvejelser og screening

Tekniske nanomaterialer anvendes som råvarer og i halvfabrikata i mange forskellige typer af virksomheder og indenfor stort set alle brancher.

Herunder er der en række eksempler på processer, hvor der er stor sandsynlighed for, at der kan produceres, anvendes eller frigives tekniske nanomaterialer, som kan medføre eksponering af luftvejene:

- Produktion af katalysatorer og halvfabrikata baseret på partikler, flager og fibre
- Produktion og anvendelse af additiver og fyldstoffer under produktion af polymerer/ plast eller 'master batch' til videre forarbejdning eller anvendelse
- Produktion af materialer og produkter ved hjælp af 3D-print
- Produktion af kosmetik, personlige plejemidler eller medicinalvarer
- Produktion af maling, farver, blæk eller indfarvning af tekstiler, læder eller tæpper
- Produktion af elektronik, optik, display, ledninger eller magnetiske elementer
- Produktion, der involverer overfladebehandling, som giver beskyttende, smudsafvisende, selvrensende eller rengøringsvenlige overflader
- Bearbejdning, fraktionering og mekaniske test af f.eks. metal, stål, glas og kompositter eller af keramiske materialer, oxider, silikater, og elementer

Hvis I kan genkende jeres virksomhed i denne type produktioner eller processer, kan I med fordel fortsætte med screeningsspørgsmålene i følgende tjekliste for indledningsvist at afgøre, om I muligvis producerer eller anvender nanomaterialer og derfor bør gå videre med denne vejledning.

<ul style="list-style-type: none"> • Producerer eller håndterer I finkornede pulverformige materialer eller råvarer? <p>Eksempler: Pigmenter, katalysatorer, fyldstoffer, dispergeringsmidler, stabilisatorer, polymerer osv.</p>	JA / NEJ
<ul style="list-style-type: none"> • Producerer eller håndterer I materialer eller råvarer, som består af sammenpressede eller pakkede partikler/pulvere? <p>Eksempler: Granulater, pellets, tabletter osv.</p>	JA / NEJ
<ul style="list-style-type: none"> • Producerer eller håndterer I råvarer med partikler suspenderet i væsker? <p>Eksempler: Kolloider, opslæmninger, emulsioner, trykfarve, tonerfarver, pigmenter, katalysatorer, fyldstoffer, polymerer osv.</p>	JA / NEJ
<ul style="list-style-type: none"> • Producerer eller bearbejder I metaller, glas, keramiske eller komposit materialer og halvfabrikata? <p>Eksempler: Emner til byggeri, transport, maskiner, værktøj, elektronik, energiudvinding osv.</p>	JA / NEJ

JA til ét eller flere af spørgsmålene:

Det er muligt, at jeres virksomhed producerer eller anvender nanomaterialer, og I kan fortsætte med TRIN 2.



Fortsæt til
TRIN 2

NEJ til ALLE spørgsmålene:

Der er kun en lille sandsynlighed for, at I anvender nanomaterialer, der kan indåndes. I kan derfor stoppe med denne vejledning og vurdere råvaren på linje med andre kemikalier i jeres kemiske risikovurdering.

Normal kemisk
risikovurdering

2.2 DEL A, TRIN 2 Er materialet et nanomateriale?

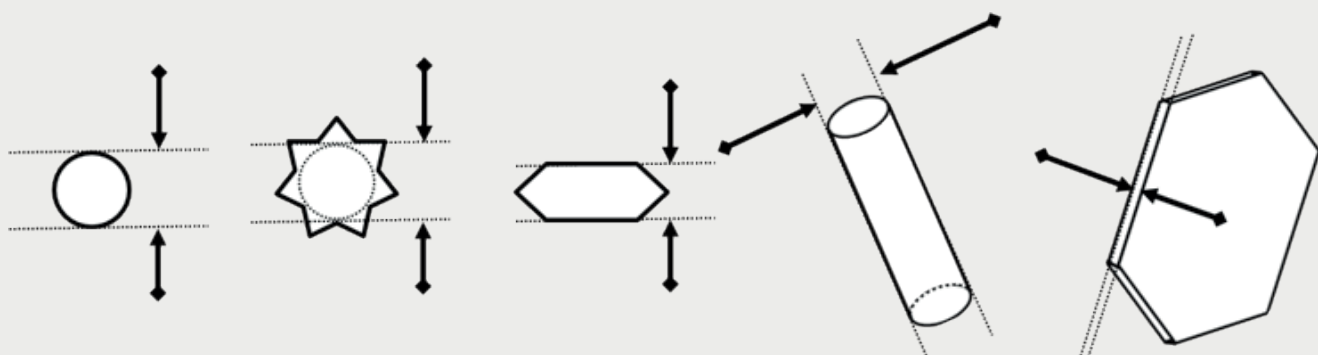
Dette trin er en mere konkret vejledning i at afklare, om en råvare eller et produceret materiale er et teknisk nanomateriale eller ej.

Indledningsvist præsenteres **kriterierne for at identificere et nanomateriale**, og derefter gives vejledning i **hvordan I kan skaffe** de nødvendige oplysninger.

Kriterier for at afgøre om et materiale er et nanomateriale

I denne vejledning defineres et nanomateriale i henhold til Europakommissionens vejledende definition af 'nanomateriale' (se Bilag A). Denne definition anvendes også i EU's kemikalielovgivning og af Arbejdstilsynet. Et materiale anses derfor for at være et nanomateriale, hvis én eller begge af følgende betingelser er gældende:

- Mere end 50 procent af partiklerne i et materiale har mindst én dimension (diameter) i størrelsesintervallet 1-100 nm. Bemærk at flager og fibre således også kan anses for at være nanomaterialer, hvis deres mindste diameter ligger i intervallet 1-100 nm. Bemærk desuden at denne definition gælder for primærpartiklerne. Det vil sige, at i materialer, hvor partiklerne har klumpet sig sammen til større partikler (såkaldte agglomerater eller aggregater), er det altså størrelsen af de individuelle/primære partikler, som er relevant i forhold til definitionen.
- Materialets volumen-specifikke overfladeareal (ofte omtalt som VSSA, der står for "volume specific surface area") er større end eller lig med $60 \text{ m}^2/\text{cm}^3$. Her skal dog bemærkes, at dette mål kun gælder for nanomaterialer, hvor partiklerne er tilnærmelsesvist runde. Hvis der er tale om fibre og flager, kan man anvende henholdsvis 40 og $20 \text{ m}^2/\text{cm}^3$ som et skæringspunkt til nano-området.



Eksempler på diameter af nano-objekter med forskellige fysiske former og en illustration af, hvilke diameter der anvendes til at bestemme deres mindste diameter.

Bestemmelse af det volumen-specifikke overfladeareal (VSSA)

Hvis VSSA ikke er angivet af leverandøren, kan et materiales VSSA bestemmes ved at gange det *specifikke overfladeareal* med materialets *relative densitet* (også kaldet *skeletal densitet*).

Eksempel: Et TiO_2 pulvermateriale har et specifikt overfladeareal på $20 \text{ m}^2/\text{g}$. For dette materiale er VSSA: $20 \text{ m}^2/\text{g} \times 4,2 \text{ g}/\text{cm}^3 = 84 \text{ m}^2/\text{cm}^3$, idet den relative densitet for TiO_2 er ca. $4,2 \text{ g}/\text{cm}^3$.

Man kan normalt finde informationer om det *specifikke overfladeareal* og den *relative densitet* i leverandørens tekniske datablad og/eller i sikkerhedsdatabladet. Hvis der ikke er information om materialets *relative densitet*, så kan man for kendte materialer typisk finde standardværdier i opslagsværk eller på internettet.

NB! Det er vigtigt IKKE at anvende "bulk", "pour" eller "tap" densitet, som er et mål for, hvor meget pulveret fylder i et bæger. Sådanne værdier er misvisende og typisk meget lavere end den relative densitet.

Det *specifikke overfladeareal* af pulvermaterialer bestemmes normalt ved nitrogen eller krypton gas-adsorption i henhold til Brunauer-Emmet-Teller-(BET)-metoden eller ved kviksølv-porosimetri. Man kan også anvende metoden Small Angle X-ray Scattering (SAXS), som kan bruges til at beregne partiklers overfladeareal i pulvere og i suspensioner. Der findes dog sjældent information om nanomaterialernes specifikke overfladeareal i væskesuspensioner.

Man bør korrigere for stoffets porøsitet (indre overfladeareal), når man beregner VSSA. Der findes ISO-standarder for bestemmelse af henholdsvis specifik ydre og indre overfladeareal (ISO 9277) og relativ (skeletal) densitet (ISO 12154). Der henvises til NanoSafer for yderligere hjælp til at identificere, om et materiale er et nanomateriale.

Der er omkostninger forbundet med at bestemme størrelsesfordelingen af primærpartikler og VSSA for et materiale, og begge parametre er ikke altid oplyst i informationsmaterialet fra leverandøren. Hvis ikke begge værdier allerede er tilgængelige, vil det give mening i første omgang at søge at afgøre, om et materiale er et nanomateriale eller ej ud fra én af parametrene.

Materialet ER et nanomateriale

Som nævnt skal blot ét af ovenstående kriterier være opfyldt, for at et materiale er et nanomateriale. Det vil sige, at materialet enten opfylder 1-100 nm kravet eller $\geq 60 \text{ m}^2/\text{cm}^3$ kravet. For fibre bør skæringspunktet dog sættes ved $\geq 40 \text{ m}^2/\text{cm}^3$, mens det for flager bør være $\geq 20 \text{ m}^2/\text{cm}^3$.

Materialet ER IKKE et nanomateriale

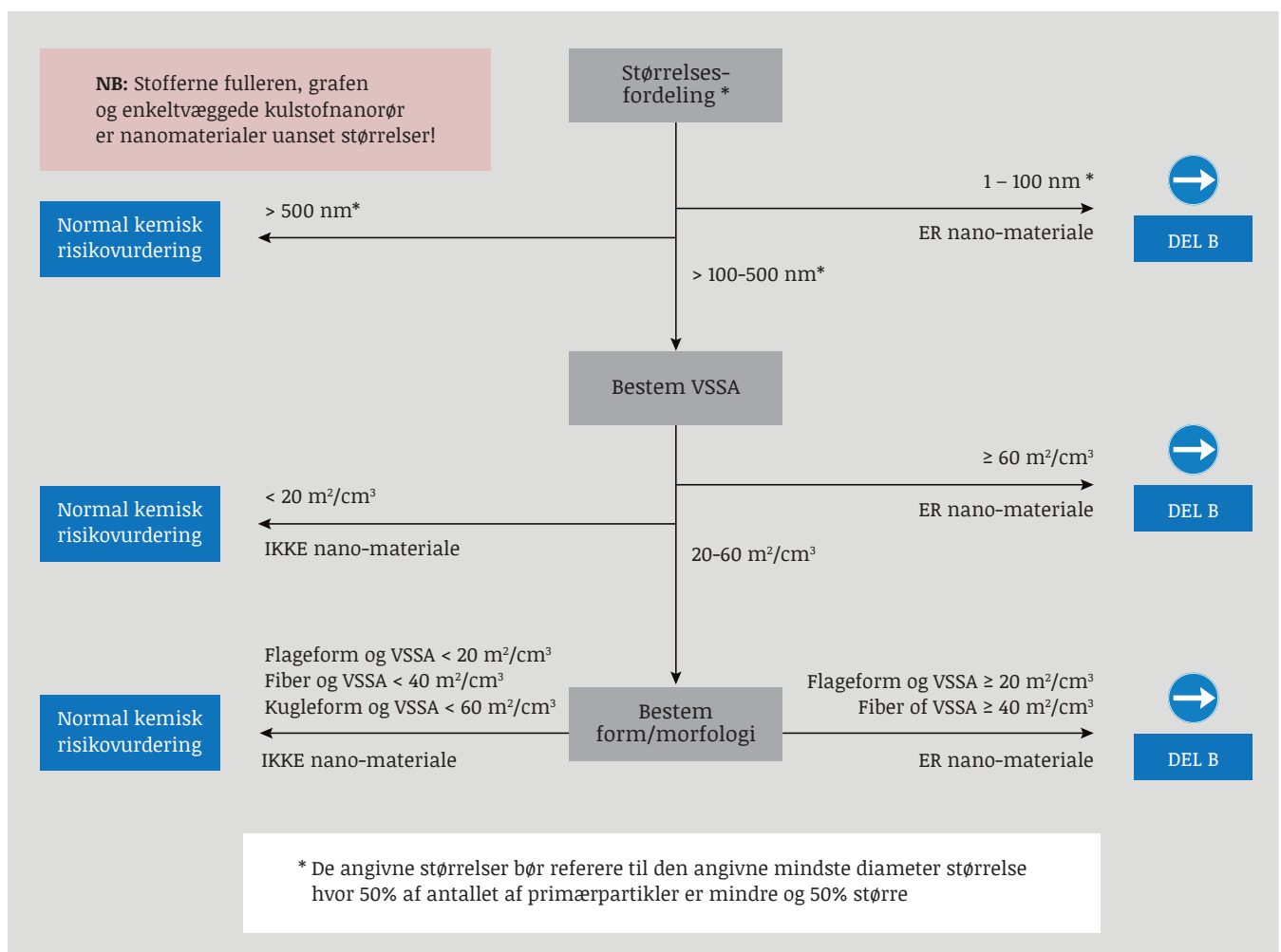
Desværre kan man ikke uden videre konkludere, at et materiale IKKE er et nanomateriale, hvis kun ét af kriterierne ikke er opfyldt.

Der er dog en vis sammenhæng mellem de to kriterier, og hvis man kun har oplysninger om én af parametrene, kan man anvende følgende konservative værdier for parametrene for at afgøre, at et materiale IKKE er et nanomateriale:

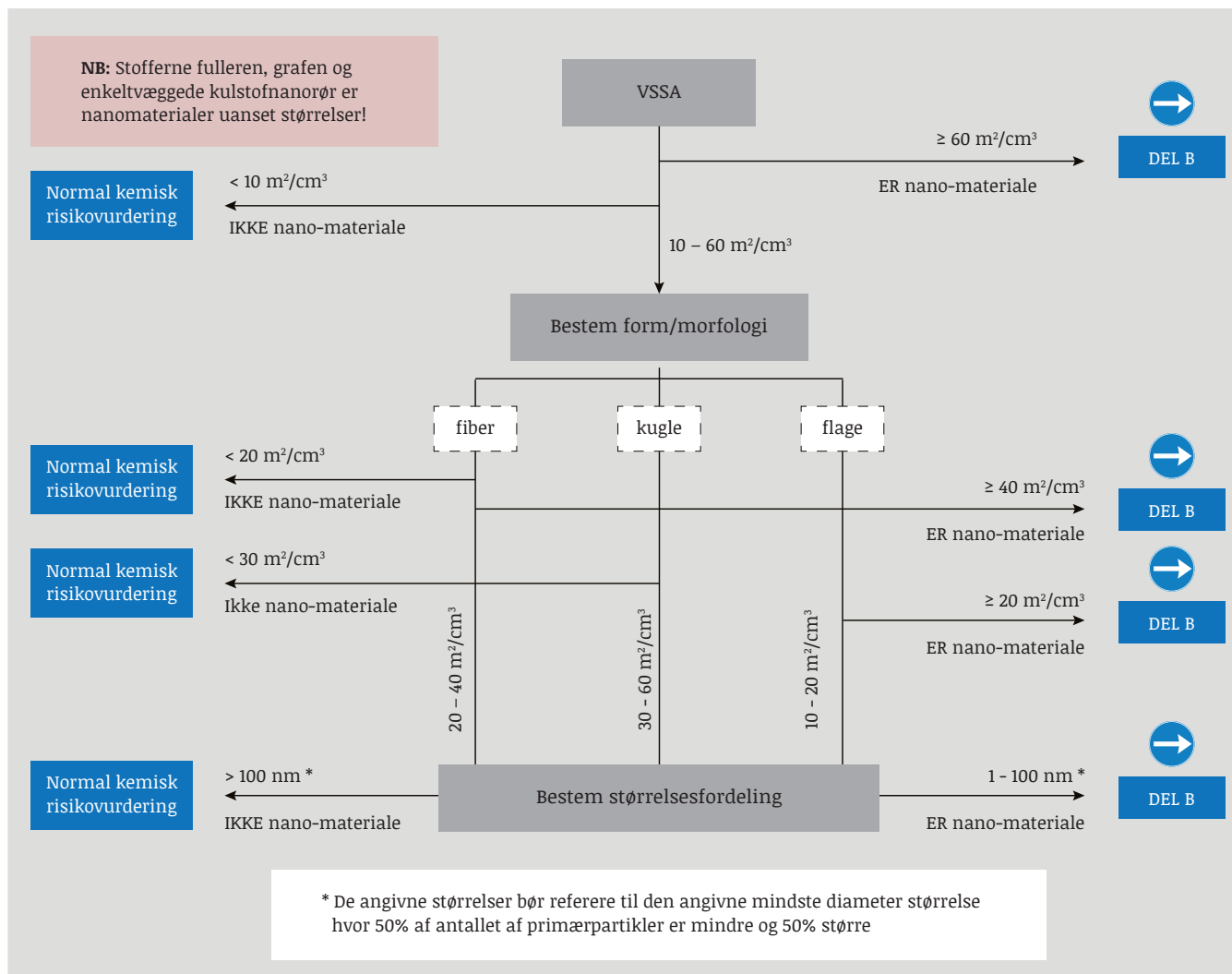
- 50 procent af partiklerne i et materiale er over 500 nm
- VSSA $< 10 \text{ m}^2/\text{cm}^3$

Hvis den ene af disse kriterier ikke er opfyldt, er det nødvendigt at skaffe oplysninger om den anden parameter for at kunne træffe en endelig afgørelse om, hvorvidt der er tale om et nanomateriale.

Figur 2 og Figur 3 viser et forslag til, hvordan man kan afgøre, om et materiale er et nanomateriale, hvis man som udgangspunkt kender enten størrelsesfordelingen eller VSSA.



FIGUR 2: Beslutningslogik, hvis størrelsesfordelingen af de primære partikler som udgangspunkt kendes. Ordet kugleform omfatter alle morfologier, hvor den længste dimension ikke er mere end 3 gange længere end den korteste dimension.



FIGUR 3: Beslutningslogik, hvis VSSA som udgangspunkt kendes. Ordet kugleform omfatter alle morfologier, hvor den længste dimension ikke er mere end 3 gange længere end den korteste dimension.

Som figur 2 og 3 viser, kan det i nogle tilfælde være nødvendigt at bestemme formen/morfologien af partiklerne for at afgøre, om materialerne er nanomaterialer.

Slutteligt skal det nævnes, at man skal være opmærksom på, om de resultater, man anvender, er produceret med relevante analysemetoder. F.eks. er det vigtigt, om en analysemetode til at bestemme størrelse angiver den antalsmæssige størrelsesfordeling for primærpartiklerne. Der henvises til NanoSafer for yderligere vejledning til bestemmelse og fortolkning af data for størrelsesfordelinger, VSSA og partikelmorfologi. Det kan som nævnt indledningsvist kræve dialog med eksperter at forstå og fortolke data og sikre sig, at de er anvendelige til formålet.

Når det er afklaret, om I anvender eller producerer et nanomateriale:

- Hvis det er et nanomateriale, skal I fortsætte til DEL B



Fortsæt til
DEL B

- Hvis det ikke er et nanomateriale, kan I stoppe med denne vejledning og vurdere råvaren på linje med andre kemikalier i jeres kemiske risikovurdering.

Normal kemisk
risikovurdering

Hvad skal I gøre for at skaffe de nødvendige oplysninger?

Er der viden i branchen?

Indenfor nogle brancher anvendes eller produceres samme type materialer, råvarer og produkter. På trods af forretningshemmeligheder ser flere brancher en fordel i at samarbejde om miljø- og sundhedsspørgsmål. Dialog med jeres brancheforening, faglige netværk eller branchekolleger kan derfor ofte være en god hjælp til at afklare, om en given type råvare skal anses for at være et nanomateriale.

Hvis I er en virksomhed, der bruger eller aftager en råvare, som kunne være et nanomateriale, fortsætter I med TRIN 2a. Hvis I er en virksomhed, der producerer et materiale eller produkt, som kunne være et nanomateriale, fortsætter I med TRIN 2b.

DEL A, TRIN 2a For brugere og aftagere af råvarer: Afklar om en råvare er et nanomateriale

Leverandørdialog

En leverandør er forpligtiget til at give jer de informationer, som I måtte have behov for til at udarbejde en forsvarlig vurdering af sikker anvendelse af den pågældende råvare. I bør derfor som udgangspunkt bede leverandøren om relevante oplysninger for at afklare, om råvaren er eller indeholder nanomaterialer.

Sikkerhedsdatabladet og det tekniske datablad fra leverandøren vil typisk være et godt udgangspunkt for at finde informationer om de parametre (partikelstørrelse, overfladeareal, aspect ratio og relativ densitet), der kan afgøre, om en råvare er et nanomateriale. Man bør også tjekke, om databladene omtaler materialet som et nanomateriale, og om der eventuelt er information om særlige forebyggende tiltag i sikkerhedsdatabladet.

Relativ densitet

Det er meget vigtigt, at den angivne densitet er for selve materialet (relativ densitet er ofte anført som "relative density", "specific gravity" eller "skeletal density") og ikke for densiteten for det løse pulver (ofte anført som "tap density", "pour density" eller "bulk density"), som angiver, hvor meget et pulver fylder i et bæger. Opslagsværdier kan anvendes, hvis der ikke er angivet data for materialet.

→ Anskaf opdaterede datablade fra leverandøren

I bør altid sikre jer, at I har de nyeste sikkerhedsdatablade og tekniske datablade for råvaren, da disse bliver ændret med jævne mellemrum. Det sker eksempelvis, hvis der kommer ny viden eller krav om flere lovpligtige informationer.

→ Læs databladene

Læs det opdaterede sikkerhedsdatablad og det tekniske datablad og eventuel øvrig information fra leverandøren. Undersøg, om databladene indeholder information om, hvorvidt råvaren består af eller indeholder nanomaterialer. Se efter ord som f.eks. nanoform, nanostørrelse "nano size", nanomateriale "nanomaterial", carbon nanotube, nanoflake, ultrafin "ultrafine", quantum dot, fullerene, cluster, organoflake, organoclay, rør "tube" og dendrimer. Sådanne ord giver en god indikation af, om råvaren er et nanomateriale. Der er dog typisk behov for flere oplysninger for at afgøre, om råvaren faktisk er et nanomateriale.

Undersøg, om databladene indeholder specifik information om partikelstørrelse, overfladeareal, relativ densitet og/eller form/morfologi.

I sikkerhedsdatabladet kan der typisk stå relevant information under pkt. 9 "Fysisk-kemiske egenskaber", men det anbefales at læse hele databladet.

I det tekniske datablad kan relevante informationer om størrelse normalt stå under partikelstørrelse ("particle size" eller "grain size"), dimensioner ("dimensions"), diameter eller tykkelse ("thickness").

Se også efter information om det specifikke overfladeareal ("specific surface area") og form/morfologi ("form", "morphology", "aspect ratio", "shape").

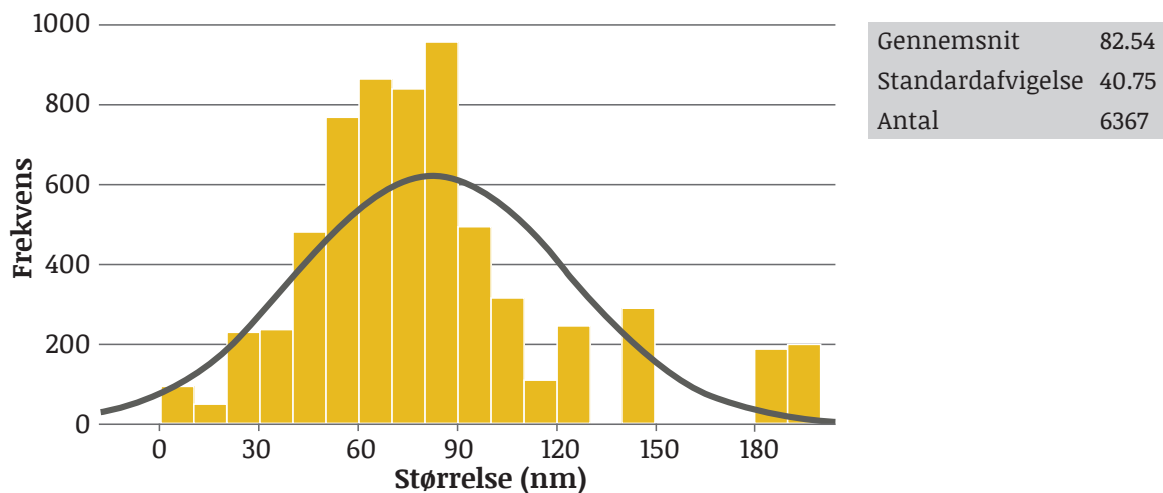
Vær opmærksom på, at det som tidligere nævnt kræver en vis teknisk indsigt at fortolke, om data i databladene er relevante i forhold til at afklare, om en råvare er et nanomateriale. Der henvises til NanoSafer for yderligere vejledning i fortolkning af informationer.

Størrelsefordeling

Normalfordeling

Størrelse [nm]

Frekvens [n]



FIGUR 4: Histogram og statistisk normalfordeling for et hypotetisk nanomateriale. Gennemsnittet af målingerne viser en partikelstørrelse på 82.54 ± 40.75 nm.

På nuværende tidspunkt er der ikke specifikke krav til at formidle alle relevante data, som der skal til for at identificere et nanomateriale. Derfor kan der være behov for et eller flere af følgende tiltag:

- At skaffe bedre information via mere specifik leverandørdialog
- At overveje leverandørskift
- I yderste konsekvens at rekvirere analyser/karakterisering af råvaren.

→ *Specifik dialog med leverandøren*

Det kan være en forretningsmæssig følsom affære at henvende sig til leverandører. Overvej derfor følgende, før I henvender jer:

- Det er typisk en god idé at involvere jeres indkøbere i leverandørhenvendelser
- I nogle tilfælde kan det være en fordel først at ringe til leverandøren for at forklare sammenhængen. I kan forklare, at I har brug for oplysningerne for at kunne gennemføre den lovpligtige kemiske risikovurdering og derved sikre jeres medarbejdere.

Det anbefales endvidere, at I beder jeres leverandører levere skriftlige svar på jeres specifikke spørgsmål om relevante parametre. Svarene bør oplyse og beskrive, hvilke analysemetoder der er anvendt til at bestemme relevante parametre.

Bilag B giver inspiration til, hvordan henvendelse og spørgsmål til jeres leverandører kan formuleres.

Som allerede nævnt ovenfor er det vigtigt, at testresultater leveret af leverandøren er relevante i forhold til EU-definitionen af et nanomateriale.

→ *Overvej substitution eller leverandørskift*

Hvis samarbejdet med leverandøren ikke resulterer i tilstrækkelige oplysninger, kan I eventuelt undersøge, om andre leverandører kan levere en tilsvarende råvare og den nødvendige information. I den sammenhæng skal I naturligvis overveje, om det er teknisk, økonomisk og forsyningsmæssigt muligt at skifte leverandør.

→ *Overvej analyse/karakterisering*

Generelt bør leverandøren levere den nødvendige information om råvaren, men hvis der efter ovenstående aktiviteter er behov for mere præcis og pålidelig viden, kan I selv foretage eller rekvirere enkelte analyser og bruge ovenstående beslutningstrin til at bestemme, om råvaren er et nanomateriale eller ej.

Inden I bestiller sådanne analyser, kan I overveje, om det ville være besværligt eller omkostningstungt blot at antage, at råvaren er et nanomateriale og indføre eventuelt ekstra forebyggende sikkerhedsforanstaltninger på basis af retningslinjerne i DEL B.

Afhængig af råvaren og af, om det er et pulver eller en væske, findes der forskellige metoder til at karakterisere partiklerne i den. Hvis man ikke selv har ekspertisen, anbefales det at kontakte en rådgiver eller et analyseinstitut.

På basis af analyseresultaterne afgøres det ud fra kriterierne illustreret i Figur 2 og Figur 3, om råvaren er et nanomateriale eller ej.

DEL A, TRIN 2b For producenter af råvarer og materialer: Afklar om en produceret vare er et nanomateriale

Hvis I producerer en råvare, som muligvis er et nanomateriale, vil I sandsynligvis have en teknisk og forretningsmæssig interesse i at karakterisere partiklerne i råvaren. Om ikke andet bør I karakterisere partiklerne for at kunne informere jeres kunder om, hvorvidt råvaren er et nanomateriale.

Når I planlægger karakteriseringen, bør I studere kriterierne beskrevet ovenfor og beslutningslogikken vist i Figur 2 og Figur 3. I kan også vælge til en start at generere information om alle relevante parametre, dvs. partikelstørrelsen, form/morfologi, specifikt overfladeareal og relativ densitet.

Når resultaterne foreligger, kan de ovenfor beskrevne kriterier for størrelse, VSSA og morfologi anvendes til at afgøre, om I producerer et nanomateriale.

Der henvises til NanoSafer for yderligere vejledning til bestemmelse og fortolkning af data for størrelsesfordelinger, VSSA og aspekt ratio.

Resultaterne indarbejdes i jeres tekniske datablad til jeres kunder.

I forhold til jeres egen produktion og håndtering af materialet i jeres virksomhed skal I:

- **Fortsætte til DEL B, hvis det er et nanomateriale**



Fortsæt til
DEL B

- **Stoppe med denne vejledning, hvis det ikke er et nanomateriale, men vurdere materialet på linje med andre kemikalier i jeres kemiske risikovurdering.**

Normal kemisk
risikovurdering

3 DEL B

Sikker anvendelse af nanomaterialer

Det er vigtigt at minimere medarbejderes udsættelse for nanomaterialer, specielt via indånding. Det er også vigtigt at vide, at man *kan* beskytte sig mod udsættelse for nanomaterialer med kendte beskyttende foranstaltninger. Man skal blot være ekstra opmærksom, når man arbejder med nanomaterialer. Det skyldes følgende faktorer:

1. Faren ved udsættelse for et stof på nanoform forventes generelt at være højere end for et tilsvarende stof med større partikelstørrelse. Det gælder især, når stofferne har lav opløselighed i vand. En mindre partikelstørrelse medfører et højere specifikt overfladeareal. Nanomaterialernes høje specifikke overfladeareal medfører, at de kan have større biologisk effekt end større partikler ved samme udsættelsesgrad.
2. Mange nanomaterialer er kemisk modificerede. Det vil sige, at de er overfladebehandlet (typisk coatede eller funktionaliserede). Nanomaterialer kan også være nanoskala kompositter.
3. Nanomaterialernes lille partikelstørrelse kan medføre, at de deponeres mere effektivt i de dybe dele af lungen og i næse og svælg end større partikler. Det gælder især, hvis nanomaterialerne kan frigives som enkelt-partikler. Man kan derfor ikke umiddelbart håndtere risiciene for et materiale på nanoform på samme vis som det konventionelle materiale, der ikke er på nanoform.

Man bør derfor f.eks.:

- Bruge mere effektive tekniske foranstaltninger og personlige værnemidler, end man normalt ville anvende til beskyttelse mod større partikler og støv.
- Være opmærksom på, at eksisterede grænseværdier for materialerne normalt ikke er fastsat for materialet på nanoform. Derfor anbefales det at bruge værktøjer som NanoSafer og Stoffenmanager Nano til at lave forebyggende risikovurdering ved arbejde med nanomaterialer.

Det er derfor vigtigt, at I håndterer og vurderer risiciene for præcis de nanomaterialer, I arbejder med, og for de arbejdssituationer, hvor I specifikt producerer eller arbejder med dem.



FIGUR 5: Mulige påvirkninger for nanomaterialer samt andre mulige påvirkninger i processen vurderes i den kemiske risikovurdering.

Det er også vigtigt, at I i jeres kemiske risikovurdering ikke kun tager højde for de arbejdsprocesser, hvori nanomaterialer produceres eller benyttes. I skal – som ved alle andre typer arbejde med kemikalier – også tage højde for eventuelle andre udsættelser for stoffer, der er i omgivelserne omkring arbejdsprocesserne. Endelig skal I sørge for at planlægge arbejdet, så udsættelsen minimeres i forbindelse med f.eks. rengøring, tilsyn, reparationer og affaldshåndtering. Se også afsnit 3.4 om „Oplæring, instruktion og tilsyn“ i At-vejledning 9.3.1 om arbejde med nanomaterialer.

Værktøjer til forebyggende risikovurdering

I kan vælge forskellige værktøjer til forebyggende risikovurdering. Det kan f.eks. være NanoSafer eller Stoffenmanager Nano.

Hvis I arbejder i laboratoriemiljøer, så er værktøjet US Control Banding tool et alternativ til NanoSafer og Stoffenmanager.

Denne del af vejledningen fokuserer på gode råd til den praktiske håndtering af nanomaterialer i arbejdsmiljøet.

3.1 Produktion og anvendelse

Principperne for risikohåndtering af nanomaterialer er de samme som for alle andre kemikalier. Derfor gælder STOP-princippet og de tilhørende sikkerhedsforanstaltninger også for nanomaterialer. Det vil sige, at beskyttelsen af medarbejderen i så høj grad som muligt skal tænkes ind i arbejdets udførelse.

Hvis det ikke er muligt at eliminere eller substituere et farligt nanomateriale med et mindre farligt, skal I beskytte jer mod udsættelsen og/eller forsøge at organisere arbejdet sådan, at I får begrænset udsættelsen bedst muligt. Husk at personlige værnemidler skal vælges som sidste udvej for at beskytte sig mod udsættelse og eventuelt som en supplerende beskyttelse.

3.1.1 Substitution

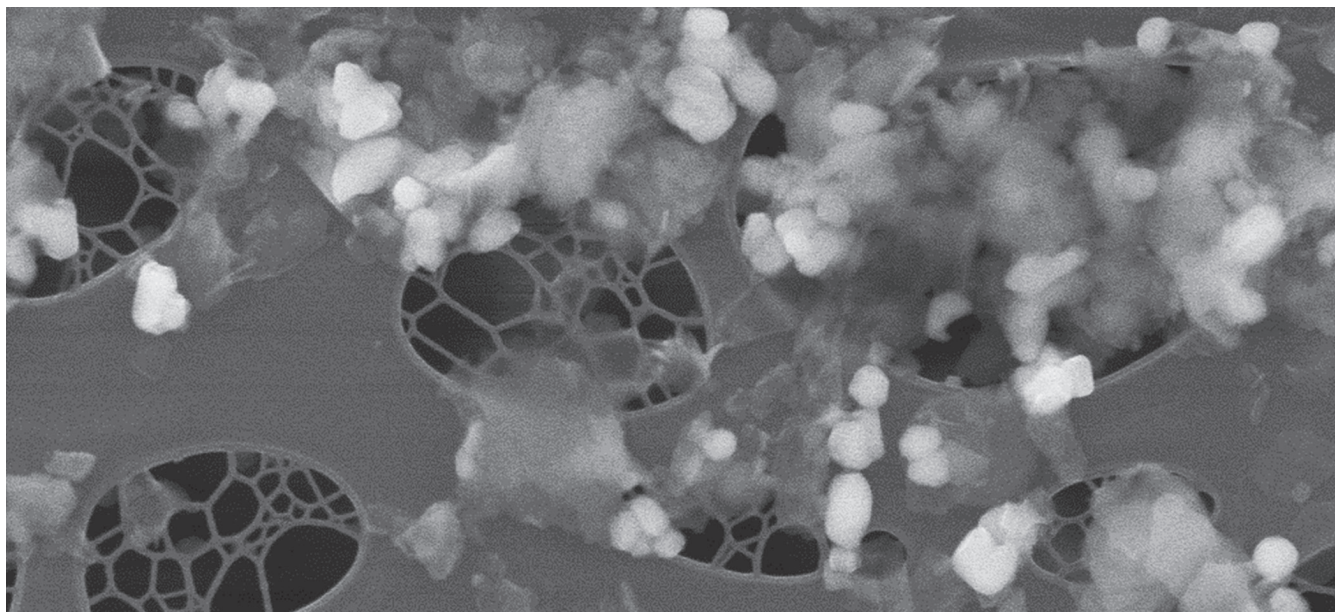
Ifølge AT-vejledningen om arbejde med stoffer og materialer (At-vejledning C.1.3-3) skal arbejdsgiveren sikre, at farlige stoffer og materialer på arbejdspladsen fjernes, erstattes eller begrænses til et minimum. Mulighederne for eliminering og substitution afhænger dog af den specifikke anvendelse og bør indeholde en vurdering for at reducere risici for mennesker og miljø under både produktion, anvendelse og affaldshåndtering. Substitution resulterer nogle gange i andre risici, som kan være lige så alvorlige. Derfor er det vigtigt at vurdere konsekvenserne grundigt, når man substituerer et stof med et andet. Herunder også de anvendte mængder.

I bør afdække følgende spørgsmål til arbejdsmiljøet:

- Kan det specifikke nanomateriale erstattes med et mindre sundhedsskadeligt materiale eller et bedre kendt og håndterbart materiale? Og kan det også være relevant at vurdere faktorer såsom brug eller ikke brug af andre partikelformer, nanomaterialer med overfladekemisk modificering, granulater, suspensioner etc.?
- Kan kritiske dele af processen eller produktionen foregå hos en underleverandør med bedre produktionsanlæg og/eller større ekspertise i håndtering af nanomaterialer?



FIGUR 6: Når I overvejer substitution, er det vigtigt at inddrage relevante dele af organisationen.



Når I ser på alternative materialer, bør I indhente oplysninger fra leverandørerne for at kunne gennemføre en kemisk risikovurdering og derved træffe gode beslutninger om mulig substitution.

Overfladebehandling er en særlig problemstilling

Nanomaterialer kan være overfladekemisk modificeret (eller tilsat additiver) f.eks. for at forbedre blandbarhed eller for at reducere deres støvning ved håndtering.

Det bør så vidt muligt vurderes, om den overfladekemiske modifikation (eller det tilsatte additiv) samlet set gør materialet mere sundhedsskadeligt. Man kan kontakte leverandøren og bede om oplysninger om evt. specifikke farlige egenskaber forbundet med overfladebehandlingen. Alternativt kan en ekspert vurdere materialet ved at se på effekten af samspillet mellem den kemiske overfladebehandling, nanomaterialet og materialet. En sådan vurdering kan dog være udfordrende, da der generelt er begrænset viden om sundhedseffekter af overfladekemisk modifikation på partikler.

Hvis man ikke kan finde information om farligheden, kan man tage en forsigtig tilgang i sin risikovurdering og -håndtering. NanoSafer tager f.eks. automatisk en beskyttende vurdering af overfladekemisk modifikation i betragtning i risikovurderingen.

Man kan evt. også undersøge, om der findes relevante alternativer.

3.1.2 Tekniske foranstaltninger

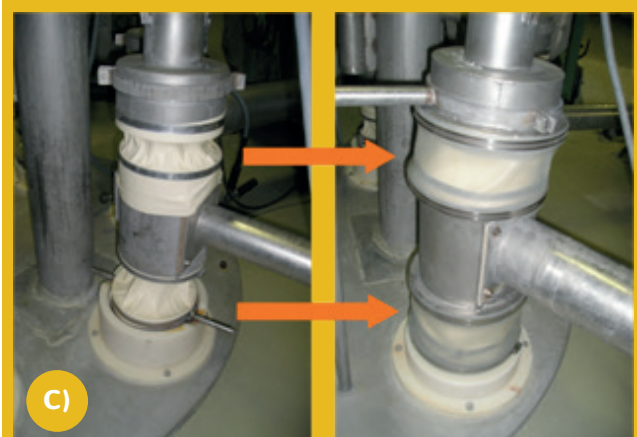
Anbefalede tekniske foranstaltninger, som fjerner eller minimerer udsættelsen ved kilden, omfatter:

- Indkapsling med eller uden ventilation, hvori arbejdsprocessen eller kilden isoleres fra medarbejderen
- Sugeboks, stinkskab, handskeboks, sprayboks eller lignende
- Fast og mobilt lokalt udsug i forskellige former
- Afskærmning af kilde og arbejdsområde
- Rengøringsvenlige arbejdsområder og overflader på borde, gulve, vægge og lofter
- Transportmetoder og opbevaringsmuligheder med beskyttelsesevne, som passer til fareniveauerne for de materialer, der arbejdes med.

Vær opmærksom på, at alle ovennævnte foranstaltninger med ventilation skal være udstyret med såkaldte HEPA-filtre (High-Efficiency Particulate Arresting) for at være effektive overfor nanomaterialer. Vær også opmærksom på, at der med fordel kan anvendes effektiv mekanisk rumventilation for at kontrollere udsættelsen i det generelle arbejdsområde.

Tekniske foranstaltninger bør anvendes i så stort omfang som muligt for at beskytte medarbejderne og omgivelserne mod udsættelse. Men husk, at det generelt kun er indkapsling og veldesignede systemer med ventilation og udsug, der effektivt reducerer risikoen for udsættelse. Når I gennemfører den nano-specifikke kemiske risikovurdering, skal I være opmærksomme på, at effektiviteten af punktudsug afhænger af, hvor stor en lufthastighed de suger med, og hvor tæt de er placeret på kilden.

Der henvises til NanoSafer for information om effektiviteten af tekniske foranstaltninger og vurdering af risiciene i specifikke arbejdsituationer.



Eksempler på forskellige tekniske løsninger på forskellige arbejdsituationer med forskellige behov for kontrol af støv og beskyttelsesniveau. A) Afvejning af stinkskab. B) Dosering af pulver til blander med lokaludsugning ved kanten af lugen og støvgardning. C) Manchetter i dobbeltlag omkring rørsamlinger til at identificere lækager på den inderste manchet, før det slipper ud i arbejdslokalet. Manchetterne kan også anvendes til at vurdere, om processerne kører med overtryk eller undertryk.



Tømte sække er også en kilde til støv og kan med fordel pakkes i sække til affald ved hjælp af en presse med passende udsug. Til trods for ventilation og afskærmning kan denne proces dog stadig være støvende, hvis ventilationen ikke er tilstrækkelig høj. Det skal sikres, ellers kan der stadig være behov for personlige åndedrætsværn.

FIGUR 7: Eksempler på tekniske foranstaltninger.

3.1.3 Organisatoriske foranstaltninger

Organisatoriske foranstaltninger omfatter f.eks. adgangsbeholdning og udvikling af særlige arbejdsrutiner. Det kan f.eks. være tilrettelæggelse af arbejdsprocesser, varighed eller bestemmelse af det maksimale antal medarbejdere, der må være til stede, mens arbejdet udføres. Organisatoriske foranstaltninger er også vejledning og løbende uddannelse og opfølgning på daglige arbejdsrutiner, hygiejne, rengøring, spild, uheld, driftstop, vedligehold, brand, transport, opbevaring etc.

Find inspiration til organisatoriske tiltag i forbindelse med forskellige arbejdsopgaver, hvor nanomaterialer håndteres i diverse e-learning på NanoSafers hjemmeside.

Blandt gode tiltag er for eksempel at:

- rengøre arbejdsområderne jævnligt med en centralstøvsuger
- aftørre flader med vådservietter
- forbyde indtagelsen af mad- og drikkevarer ved arbejdsområderne
- opsætte håndvaske, brusere og faciliteter til brug ved tøjskift
- identificere de mest sikre interne transportveje og opbevaringsmuligheder, som er tilpasset fareniveauerne for de materialer, der arbejdes med.

3.1.4 Personlige værnemidler

Personlige værnemidler bruges til at beskytte mod indånding, indtag (via munden) og/eller påvirkning og eventuel gennemtrængning af huden.

Personlige værnemidler er sidste valg blandt forebyggelsesprincipperne i STOP, men kan også fungere som et supplement til andre foranstaltninger. Det kan således være nødvendigt at anvende personlige værnemidler i specifikke arbejdsprocesser som eksempelvis:

- Hvis det er meget svært at etablere en teknisk løsning
- Hvis der er mistanke om, at eksisterende tekniske løsninger ikke beskytter medarbejderne tilstrækkeligt
- Man arbejder med stoffer og (nano)materialer med ukendte eller dårligt beskrevne sundhedseffekter
- Ved uheld, vedligehold, inspektion, reparation mv.
- Som en ekstra sikkerhed udover relevante tekniske og organisatoriske foranstaltninger.

Det kan også være relevant at anvende personlige værnemidler, hvis der er tale om en beskyttende foranstaltning for enkeltstående begivenheder, hvor eksisterende tekniske løsninger er utilstrækkelige. Disse situationer skal dog vurderes grundigt og eventuelt kombineres med organisatoriske foranstaltninger. Tabel 1 viser personlige værnemidler, som generelt kan anbefales afhængigt af det vurderede behov for beskyttelse.

TABEL 1: Anbefalede personlige værnemidler til arbejde med nanomaterialer uden tilstrækkelige tekniske foranstaltninger til beskyttelse.

Beskyttelsesgrad	Anbefalede personlige værnemidler
<p>Høj beskyttelse Nanomaterialer med høj sundhedsfare, f.eks. kulstofnanorør og MnO nanopartikler og/eller risiko for høj personlig udsættelse for luftbårne nanomaterialer (f.eks. pulverhåndtering, åben syntese eller spraybehandling, længerevarende mekanisk bearbejdning med hurtigtgående udstyr)</p>	<p>Helmaske med turboenhed med P3-filter eller – afhængigt af eksponeringsniveau - halvmaske eller ansigtsskærm med turboenhed med P3-filter. Anvend P3-kombinationsfilter, hvis der er fare for stænk og udsættelse for luftbårne væskedråber.</p> <p>Nitrilhandsker (dobbelthandske ved længere eksponeringsperioder). Dobbelt-nitrilhandsker med ærmer/Butyl-gummihandsker ved arbejde i solventer.</p> <p>Heldragt af EN type 4/5 og 5/6 lavet af PE, lamineret med indbygget hætte. Type 3/4 kan anvendes ved arbejde med udsættelse for væskedråber.</p> <p>Tætssluttende sikkerhedsbriller uden ventilation.</p>
<p>Almen beskyttelse Risiko for personlig udsættelse for nanomaterialer med lav sundhedsfare (f.eks. amorf silika og calcit nanopartikler) og kortvarig mekanisk bearbejdning (f.eks. slibning af kompositmaterialer)</p>	<p>Halvmaske med turboenhed med P3-filter. Anvend P3-kombinationsfilter, hvis der er fare for stænk og udsættelse for luftbårne væskedråber.</p> <p>Neopren- eller Butylhandsker. Dobbelt-nitrilhandsker med ærmer/ Butylgummihandsker ved arbejde i solventer.</p> <p>Heldragt (coverall) af EN type 4/5 og 5/6 lavet af PE, lamineret med eller uden indbygget hætte. Type 3/4 kan anvendes ved arbejde med udsættelse for væskedråber.</p> <p>Laboratoriejakker (non-woven).</p> <p>Tætssluttende sikkerhedsbriller uden ventilation.</p>
<p>Basisbeskyttelse Risiko for lave eksponeringer for nanomaterialer med lav sundhedsfare (f.eks. afvejning af amorf silika og calcit nanopartikler, og manuel sandslibning)</p>	<p>Filtrerende åndedrætsværn halvmaske med P3-filter. Anvend P3-kombinationsfilter, hvis der er fare for stænk og udsættelse for luftbårne væskedråber.</p> <p>Neopren- eller Butyl-handsker. Dobbelt-nitrilhandsker med ærmer/ Butylgummihandsker ved arbejde i solventer. Handsker af Nitril, bomuld eller PVC kan anvendes, hvis der er udsættelse for store tørre partikler fra mekanisk bearbejdning (f.eks. manuel slibning).</p> <p>Laboratoriejakker (non-woven eller bomuld).</p> <p>Sikkerhedsbriller.</p>

Vejledning til valg af personlige åndedrætsværn

Arbejdstilsynet anbefaler, at der som minimum vælges masker med filterklasse P3. For at være effektive skal maskerne være tætssluttende eller med luftforsyning. Lavere filterklasser P1 og P2 beskytter dårligt mod mikro- og nanopartikler.

Er der en høj koncentration af luftbårne nanopartikler, eller arbejdes der med uopløselige fibre eller andre farlige nanomaterialer, anbefales det at anvende friskluftforsynede åndedrætsværn.

Når I vælger åndedrætsværn, er det vigtigt, at I også sikrer jer, at maskerne kan anvendes til evt. andre kemiske påvirkninger end nanomaterialet, som medarbejderne udsættes for i arbejdsprocesserne.

I skal tage forbehold for følgende:

- Er maskens beskyttelse tilstrækkelig ved den maksimale koncentration, som I kan blive udsat for?
- Hvor lang tid skal de personlige åndedrætsværn anvendes i arbejdsopgaven? Åndedrætsværn uden luftforsyning (turbo-enhed eller friskluftforsynet) må maksimalt anvendes i 3 timer per dag
- Alle de kemiske farer og eventuelle iltforbrugende processer, I kan blive udsat for, samt de former, disse kemiske farer forekommer i, såsom f.eks. partikler, fibre, røg, gas, dampe
- Andre risici (såsom stænk, gnister og brandfare), som er forbundet med arbejdet, og som kan påvirke valget af værnemidler
- Udstyret skal passe til den givne medarbejder (have god pasform), arbejdsproces og arbejdspladsen generelt.

Se i øvrigt At-vejledning D.5.4 om valg af åndedrætsværn og dets brug.

Handsker og arbejdstøj

Som et led i god arbejds-hygiejne er det fornuftigt også at beskytte sig mod hudkontakt og øjenkontakt med nanomaterialer og kemikalier generelt.

Producenten/leverandøren af handsker og arbejdstøj bør angive, for hvilke stoffer og materialer udstyret kan anvendes og hvor længe.

Forsøg har vist, at dobbeltnitril- og norfoil®-handsker beskytter bedst mod gennemtrængning af partikler, når der arbejdes med pulver. Arbejdes der med væsker, væskesuspensioner og spray, beskytter nitril bedst mod vand og solventer. Butyl-handsker kan også anvendes ved arbejde med vandige suspensioner. Hvis der arbejdes med ætsende væsker, giver neopren den bedste beskyttelse.

I valget af arbejdshandsker skal man også være opmærksom på slidstyrke, beskyttelse mod nåle og skarpe genstande, bevægelighed og fingerfornemmelse under arbejdet. Specielt hvis handskerne udsættes for hårde kemiske og/eller fysiske påvirkninger.

Der henvises i øvrigt til BFA-I vejledningen ”Handsker – Vejledning om brug af kemikalier, mikroorganismer samt vådt arbejde” for nærmere vurdering af handskers egnethed i kombination med kemikalier på væskeform.

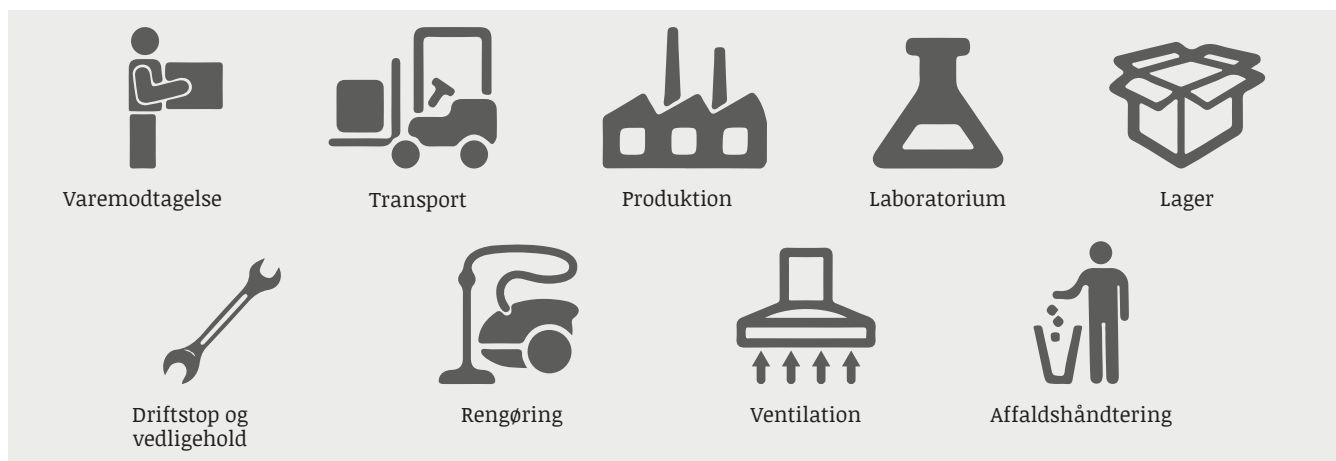
Generelle anbefalinger vedrørende arbejdstøj fremgår af Tabel 1.



FIGUR 8: Eksempel på nitrilhandske.

3.2 Andre forhold og processer

Udover de specifikke arbejdsprocesser og generelle anbefalinger om brug af tekniske og personlige værnemidler, kan der også gives en række praktiske anbefalinger i forhold til forsendelse, varemottagelse, rengøring, vedligehold, produktionsstop og affald. Nogle hovedpunkter er fremhævet herunder. Yderligere information findes i en række e-learning-moduler, som kan tilgås på NanoSafers hjemmeside.



FIGUR 9: Man bør overveje mulig udsættelse for nanomaterialer i alle dele af virksomheden.

3.2.1 Forsendelse

Ved forsendelser skal I sikre, at materialer er godt forsegleet og sikret mod lækage. I skal medsende opdateret teknisk datablad og sikkerhedsdatablad, som skal indeholde opdaterede faremærker og anbefalinger til beskyttelsesforanstaltninger og affaldshåndtering. Pak databladene, så inspektører og modtagere kan se dem, inden de åbner emballagen. Giv gerne modtagerne besked om, at der afsendes en vare og om eventuelle særlige procedurer og sikkerhedsforanstaltninger ved modtagelse. Databladene kan med fordel sendes med som vedhæftninger til denne besked.



Forsendelser af nanomaterialer kan være af forskellig karakter og med forskelligt behov for sikkerhed.

Foto A) Det er god praksis at forsende materialer med flere forseglede lag.

Foto B) Industrielle forsendelser kan komme i sække eller big bags. Her er et eksempel med big bags, hvor sækkene er støvede. Er der mistanke om sundhedsskadelige partikler, bør sækkene returneres eller rengøres på forsvarlig vis, så lokaler ikke kontamineres, og så medarbejderne ikke udsættes for genophvirvlet støv under håndtering.

3.2.2 Varemodtagelse

Når en vare modtages, skal man sikre sig, at man har de relevante opdaterede sikkerhedsdatablade og tekniske specifikationer om materialet, før emballagen åbnes. Hvis ikke, bør I straks rette henvendelse til jeres leverandør og bede om at få det nødvendige materiale udleveret, så I kan foretage de nødvendige foranstaltninger og lave jeres egen risikovurdering for arbejdsopgaven med fokus på nanomaterialet.

Materialet registreres og opbevares efter de angivne forskrifter eller efter forbedringer af forskrifterne, som virksomheden selv har defineret. Der laves en nanospecifik kemisk risikovurdering, hvis den ikke er lavet allerede, og der etableres et instruktionskort og vejledning for alle arbejdsprocesserne, hvori nanomaterialet skal anvendes.

3.2.3 Rengøring, vedligehold og produktionsstop

Rengøring, vedligehold og produktionsstop kan let medføre arbejdssituationer, hvor der er stor risiko for udsættelse, og hvor partikelkoncentrationerne kan blive meget høje. Der bør derfor være udarbejdet særlig instruktion og valg af de tekniske løsninger og personlige værnemidler, som skal anvendes i disse tilfælde, før arbejdet går i gang.

Fremmed personale (f.eks. servicemedarbejdere, håndværkere og ingeniører) instrueres grundigt i eventuelle risici for udsættelse for nanomaterialer såvel som andre stoffer og materialer i virksomheden. I den forbindelse skal de også informeres om, hvordan arbejdet bør udføres i virksomheden eller bistå med udarbejdelse af en instruks, som medfører en sikker arbejdsproces.

Oprydning efter uheld og spildsituationer bør generelt håndteres med afskærmning af området, brug af personlige værnemidler og tekniske foranstaltninger, så vidt det er praktisk muligt (jf. At-vejledning C.1.3-3). Samme sikkerhedsniveau anbefales ved udskiftning af filtre og vedligehold. Se anbefalinger i Tabel 1 for inspiration til valg af værnemidler.

Almen rengøring, inspektion og vedligehold samt produktions-stop bør også foregå med brug af personlige værnemidler. Anvend tekniske løsninger, så vidt det er muligt, og klargør arbejdsområdet, så udsættelsen reduceres bedst muligt. Se Tabel 1 for inspiration i valg af værnemidler.

FIGUR 10: Eksempler på forsendelse og varemodtagelse.

Nogle anbefalinger til almen rengøring og vedligehold

- Tilse regelmæssigt apparatur og systemer. Undersøg især samlinger og rør for utætheder. Lav for eksempel dobbeltforsegling af fleksible samlinger såsom overgange mellem silo eller reaktor og transport-rør, hvor det yderste lag er gennemsigtigt. På den måde kan man se, når der begynder at opstå utætheder, før de spredes i lokalet.
- I tilfælde af større spild og rengøring af f.eks. større flader og anlæg bør området afskærmes, mens rengøring pågår.
- Fjern straks det værste spild af pulvermaterialer og støv med egnet støvsuger eller en fugtig engangsklud. Støvsugning er mest sikkert koblet til et centralt udsugningsanlæg. Alternativt kan bruges støvsuger med egnet HEPA-filtre.
- Efter grundig støvsugning tørres efter flere gange med fugtig engangsklud eller egnet svaber. Det kan være nødvendigt at tage det specifikke nanomaterialers egenskaber med i betragtning for at vælge den bedste rengøringsmetode. Se anbefalinger i sikkerhedsdataark og bemærk:
 - Vandskyende (hydrofobe) nanomaterialer opsamles lettest efter støvsugning med klude eller svabere fugtede med sæbevand eller alternativt med lidt sprit eller alkohol. Vær opmærksom med mængderne, der arbejdes med.
 - Visse nanomaterialer er helt eller delvist vandopløselige. Derfor skal man tage forbehold for nanomaterialernes kemiske sammensætning og sikre sig, at hverken medarbejdere eller miljøet udsættes for nanomaterialet og opløste kemikalier.
- Beskidte engangsklude eller svabere lægges straks efter brug i plasticpose, der lukkes forsvarligt og håndteres efter gængse affaldsregler.

Nogle anbefalinger ved produktionsstop

- Tøm apparatet/anlægget, rør, slanger mv. bedst muligt og ventiler om muligt, inden systemet åbnes.
- Overflader i arbejdsområdet (eller hele anlægget efter behov) rengøres grundigt for deponeret støv og kemikalier, inden arbejdet påbegyndes.
- Arbejdsområdet afskærmes, og der ventileres om muligt ved hjælp af teknisk foranstaltning eller generel ventilation under arbejdet.
- Hvis der er sket udslip under arbejdet, rengøres området igen. Se i øvrigt generelle anbefalinger under uheld og spild.
- Se i øvrigt generelle anbefalinger under rengøring og vedligehold.

3.2.4 Rengøring og vedligeholdelse af ventilationsanlæg

Rengøring og vedligehold af ventilationsanlæg kan kræve særlig opmærksomhed, da anlæg og filtre indeholder alle stoffer og materialer (støv og kemi) fra alle de forureningskilder, der opsamles af ventilationssystemet. Der er derfor stor risiko for udsættelse for mange typer stoffer og materialer ved arbejde i ventilationsanlæg. Der skal være udarbejdet klar instruktion om valg af de tekniske løsninger og personlige værnemidler, som skal anvendes til dette arbejde, før arbejdet sættes i gang. Det anbefales at anvende filtertyper, der har minimal risiko for udsættelse under udskiftning.

Det er vigtigt, at alt personale, inklusiv udefrakommende arbejdskraft, er sat grundigt ind i, hvilke materialer og kemikalier de kan blive udsat for. De skal også være grundigt instrueret i, hvordan de skal forholde sig med hensyn til arbejdet og affaldshåndtering.

Det anbefales at bruge maksimal personlig beskyttelse ved arbejde i ventilationssystemer og udskiftning af filtre i ventilationsanlæg. Værnemidlerne omfatter åndedrætsværn, øjenbeskyttelse samt handsker og beklædning, som let kan forsegles og bortskaffes uden at forurene andre områder på arbejdspladsen. Se i øvrigt Tabel 1 for inspiration til valg af værnemidler.



Arbejdsområder rengøres før og efter reparationer. Rengøringen foretages altid med en metode tilpasset materialet. Her anvendes sæbevand påført blødvandstråle. Før anvendelse af væsker bør der være gjort rent med f.eks. støvsugning med centraludsugning eller med HEPA-filtreret støvsuger. Brug ikke kost, da det hvirvler støv op.

FIGUR 11: Eksempel på rengøring.

Bilag A Hvad er nanomaterialer?

Hvorfor anvendes nanomaterialer?

Nanomaterialer er meget små partikler eller objekter. Den meget lille størrelse gør, at man kan opnå en større overflade per vægtenhed, hvilket f.eks. udnyttes i nogle katalysatorer og i en række antimikrobielle sammenhænge, såsom anvendelse af nanosølv, for at undgå lugt i sportstøj. En række produkter, som anvendes til overfladebehandling, indeholder nanomaterialer, hvilket kan bidrage til at give glatte, Bestandige og/eller smudsafvisende overfalder. En række nanomaterialer, f.eks. de såkaldte kulstofnanorør, kan anvendes til at producere materialer, som er lettere og samtidigt stærkere end konventionelle materialer. Dette gælder f.eks. for en række kompositmaterialer, og det anvendes bl.a. ved produktionen af diverse bildele og sportsudstyr, såsom ski, golfkøller og ketchere. En række nanomaterialer har endvidere specielle elektriske egenskaber, som udnyttes i ledere eller til belysning. Alt i alt anvendes nanomaterialer således i stor udstrækning for at opnå bedre proces- eller produkttekniske egenskaber.

EU-definition

Europa-Kommissionen har foreslået en definition af 'nanomateriale' i "henstilling om definition af nanomaterialer" (2011/696/EU). EU's institutioner og medlemslande anbefales at anvende denne definition i forbindelse med lovgivning og regulering. Kemikalielovgivningen (REACH og CLP) og danske myndigheder anvender denne definition. EU er ved at revidere definitionen, men det er usandsynligt, at den bliver ændret fundamentalt.

Den nuværende definition lyder som følger:

1. Medlemsstaterne, EU-agenturerne og de økonomiske beslutningstagere opfordres til at anvende følgende definition af udtrykket »nanomaterialer«, når de vedtager og gennemfører lovgivning og politik samt forskningsprogrammer vedrørende produkter af nanoteknologi.
2. »Nanomateriale«: et naturligt, tilfældigt opstået eller fremstillet materiale, der består af partikler i ubundet tilstand eller som et aggregat eller som et agglomerat, og hvor mindst 50 % af partiklerne i den antalsmæssige størrelsesfordeling i en eller flere eksterne dimensioner ligger i størrelsesintervallet 1-100 nm.

I særlige tilfælde, og hvor hensynet til miljø, sundhed, sikkerhed eller konkurrenceevne berettiger det, kan tærsklen for den antalsmæssige størrelsesfordeling på 50 % erstattes af en tærskel på mellem 1 og 50 %.
3. Uanset stk. 2 bør fullerener, grafenflager og enkeltvæggede kulstofnanorør med en eller flere eksterne dimensioner på under 1 nm betragtes som nanomateriale.
4. Med henblik på stk. 2 defineres »partikel«, »agglomerat« og »aggregat« således:
 - a. »partikel«: et meget lille stykke stof med veldefinerede fysiske grænser
 - b. »agglomerat«: en samling løst bundne partikler eller aggregater, hvor det resulterende eksterne overfladeområde svarer til summen af de enkelte komponenters overfladeområde
 - c. »aggregat«: en partikel, der består af tætbundne eller sammensmeltede partikler.

5. Hvor det er teknisk muligt og nødvendigt i specifik lovgivning, kan overensstemmelse med definitionen i stk. 2 bestemmes på basis af det specifikke overfladeområde volumenmæssigt. Et materiale bør betragtes som henhørende under definitionen i stk. 2, når materialets specifikke overfladeområde volumenmæssigt er større end $60 \text{ m}^2/\text{cm}^3$. Et materiale, der baseret på den antalsmæssige størrelsesfordeling er et nanomateriale, bør dog betragtes som værende i overensstemmelse med definitionen i stk. 2, selv hvis materialet har et specifikt overfladeområde på under $60 \text{ m}^2/\text{cm}^3$.

Bilag B Forslag til formuleringer til leverandørhenvendelser

Det følgende giver idéer til formuleringer ved henvendelser til råvareleverandører.

Det anbefales at involvere den eller de indkøbere, som kender leverandøren og kender 'tonen'/jargonen' anvendt ved dialog med den givne leverandør. Sproget i nedenstående skal således tilpasses den enkelte leverandør. Afhængigt af den information, I allerede har modtaget fra leverandøren i form af datablade eller andet, kan I tilpasse henvendelsen ift., hvilke yderligere oplysninger I ønsker viden om.

Indledning

Dear Sir/madam/Mr X/Ms Y

In order to fulfill our occupational health and safety obligations as implemented in Denmark, we need further information about the raw material

(*Navn på råvare*)

which we source from you.

Definition

Does (*Navn på råvare*) to your knowledge consist of or contain ingredients which fulfill the recommended EU definition of 'nanomaterial'* or any other nano-definition?

* Commission recommendation of 18 October 2011 on the definition of nanomaterial. 2011/696/EU. Official Journal of the European Union. L 275/38. 20.10.2011

Please provide analytical information supporting whether the raw material can be seen as a nanomaterial or not. Please confirm and explain that analytical information is relevant vis-à-vis the EU definition of nanomaterial.

As appears from the definition, information about one or more of the following parameters will be relevant for deciding whether a material is a nanomaterial or not.

Size and size distribution

Does the raw material contain particles or objects where one dimension is below 100nm?

Please provide the number particle size distribution for (*Navn på råvare*). Please indicate the median as well as the 10th and 90th percentile.

Please describe in detail the analytical method used.

(Volume) Specific surface area – (V)SSA

Please provide the specific surface area for (*Navn på råvare*).

Please also provide the Volume Specific Surface Area (VSSA) expressed in m^2/cm^3 , and/or the porosity and relative density enabling a calculation of VSSA from the specific surface area.

Please describe in detail the analytical method used.

Form/morphology

Please provide the aspect ratio for (*Navn på råvare*).

Please describe in detail the analytical method used.



CO-industri
www.co-industri.dk
Tlf. 3363 8000



Dansk Industri
www.di.dk
Tlf. 3377 3377



Lederne
www.lederne.dk
Tlf. 32 83 32 83



bfa-i.dk

