

# LUNGEFUNKSJONS- UNDERSØKELSER I INDUSTRIEN

Håndbok for bruk i  
bedriftshelsetjenesten

**AMS**

ALUMINIUMINDUSTRIENS MILJØSEKRETARIAT



«Lungefunksjonsundersøkelser i industrien»  
Håndbok for bruk i bedriftshelsetjenesten

av  
**J.R. Vale, Dosent, dr. med., assisterende overlege,** Lungeavdelingen, Rikshospitalet, Oslo. Rådgiver, Nordisk Aluminiumindustri Helseutvalg (NAIH), og European Primary Aluminium Association's Occupational Health Committee (EPAA-OHC).

**T. Guthe, M.P.H., Konsernoverlege,** Elkem-Spigerverket a/s, Oslo. Rådgiver, Institut des Producteurs de Ferro-Alliages d'Europe Occidentale (IPFEO) og Ferrolegeringsindustriens Helseutvalg (FIHU). Medlem av World Health Organization's Ekspertpanel i yrkesmedisin og yrkeshygiene.

**B. Johansen, Forskningsstipendiat,** Lungeavdelingen, Rikshospitalet, Oslo. Rådgiver, Ferrolegeringsindustriens Helseutvalg (FIHU).

Sats og trykk:  
Fotosats A/s, Oslo - Mars 1980

## INNHOLDSFORTEGNELSE

**FORORD** 4

**INNLEDNING** 6

### DEL 1: RESPIRASJONSORGANENE

1.1 Struktur, funksjon og sykdomsforhold	
1.1.1 Anatomi	8
1.1.2 Respirasjonens fysiologi og patofysiologi	8
1.1.3 Lungenes ikke-respiratoriske funksjon	18
1.2 Forsvarsmekanismer	
1.2.1 Rensing og fukting av åndedrettsluften	18
1.2.2 Det mucociliære system	18
1.2.3 Immunologiske mekanismer	19
1.2.4 Beskyttelsesreflekser	19
1.2.5 Virkning av innåndede substanser	19
1.3 Definisjoner	
1.3.1 Terminologi	22
1.3.2 Klassifisering av sykdom	22
1.3.3 Forkortelser, symboler m.v.	23

### DEL 2: LUNGEFUNKSJONSUNDERSØKELSER

2.1 Målemetoder	
2.1.1 Lungenes belgfunksjon	24
2.1.2 Mekaniske egenskaper	24
2.1.3 De små luftveiers funksjon	25
2.1.4 Gassveksling	26
2.1.5 Bronkial reaktivitet	27
2.2 Enkle lungefunksjonsundersøkelser for bruk i bedriftshelsetjenesten	
2.2.1 Apparatur	27
2.2.2 Forberedelser	28
2.2.3 Undersøkelsen	29
2.2.4 Utregning, presentasjon og kurvetyper	30
2.3 Vurdering av spirometriske data.	
2.3.1 Variasjon	31
2.3.2 Referanseverdier	31
2.3.3 Tolkning	32
2.3.4 Betydningen av patologiske funn	32

## INNLEDNING

Teknologisk fremgang og utvidet biologisk erkjennelse har i senere år bidratt til økonomisk, sosial og politisk utvikling, nasjonalt og internasjonalt. Det er også fremkommet nye synspunkter innen medisinen. Oppmerksomheten rettes ikke lenger bare mot *sykdom* som en negativ, individuell erfaring, men mot *helse* som et bredere, positivt, sosialt begrep, påvirket av de miljøer vi lever og arbeider i. Søkelystet er i økende grad satt på arbeidsmiljøets kvalitet og på forebygging av yrkesbetingede helseskader. I mange europeiske og andre land er det innført ny lovgivning og nye bestemmelser som medfører strengere yrkeshygieniske grenseverdier eller administrative normer for forurensninger, og bruk av følsommere metoder for påvisning av mulige helseskader.

Industriell fremstilling, viderebearbeidelse og behandling av kjemiske stoffer, metaller, legeringer, produksjon av ferdigvarer m.v. kan medføre utvikling bl.a. av gasser, damper, røyk, støv, «smog» og aerosoler. Innånding av disse kan påvirke respirasjonsorganene og gi helseskader i form av akutte eller kroniske irritasjonstilstander i luftveier eller lungeparenchym. Hos det enkelte individ kan slike helseskader gi seg til kjenne f.eks. ved bronkial astma, kronisk obstruktiv lungesykdom, støvlunge eller endog kreft i respirasjonsorganene.

Ved vurdering av respirasjonssykdom i industriell sammenheng er det nødvendig å kartlegge yrkeshygieniske forhold, særlig med henblikk på forekomsten, d.v.s. sammensetning og konsentrasjon av eventuelle luftforurensninger i arbeidsmiljøet. Når det gjelder støv, er kjennskap til partiklenes størrelse og form nødvendig. Det er også viktig å være klar over interaksjonsfenomener mellom forskjellige typer luftforurensning, f.eks. toksiske gasser som ved adsorpsjon til støvpartikler kan få økt biologisk effekt, og hvorledes tobakksrøyk i alminnelighet sterkt potenserer mulig helseskadelig virkning av annen luftforurensning.

Langvarig innånding av helseskadelige stoffer kan redusere lungefunksjonen gradvis i lang tid før det er mulig å erkjenne skaden klinisk eller røntgenologisk. Av denne grunn – og fordi spirometrisk apparatur er betydelig bedret i senere år – må det legges stor vekt på undersøkelse av lungenes funksjon, både ved individuell helsekontroll av lungene og ved epidemiolo-

giske undersøkelser i industrien. I tillegg til grundig anamnese med bruk av standardisert spørreskjema om symptomer fra respirasjonsorganene og om røykevaner, vil periodisk gjentatte lungefunksjonsundersøkelser sammen med yrkeshygienisk kartlegging av arbeidsmiljøforurensning utgjøre et varslingsystem. Et slikt integrert varslingsystem om tidlige tegn på helse-skade i luftveier og lunger vil bidra vesentlig til å øke effektiviteten av den sykdomsforebyggende virksomhet som bedriftshelsetjenesten i industrien tilstreber.

# DEL 1: RESPIRASJONS-ORGANENE

## 1.1 Struktur, funksjon og sykdomsforhold

### 1.1.1 Anatomi

Respirasjonsorganene består skjematisk av en transportsone (luftveiene) og en diffusjons- eller gassvekslingssone (lungeblærene eller alveolene). Luft som trekkes inn gjennom nese eller munn, passerer pharynx og larynx før den når de nedre luftveier – trachea og bronkiene. Bronkialtreet består av forgrenede rør som øker i antall og avtar noe i diameter etterhvert som de når de dypere deler av lungene. Terminale bronkioler er betegnelsen på de minste luftveier før alveolene. I trachea og de store bronkier finnes brusk som tjener til avstivning av rørsystemet, og i hele bronkialtreet er det glatt muskulatur i veggen. Forskjellige stimuli kan føre til at denne muskulatur trekker seg sammen slik at luftveienes innvendige diameter blir redusert og luftmotstanden betydelig økt.

Luftveienes oppgave er å transportere filtrert, fuktet og oppvarmet luft fra atmosfæren ned til gassvekslingssonen. Grunntrekkene av respirasjonssystemets anatomiske forhold er vist i Fig. 1.

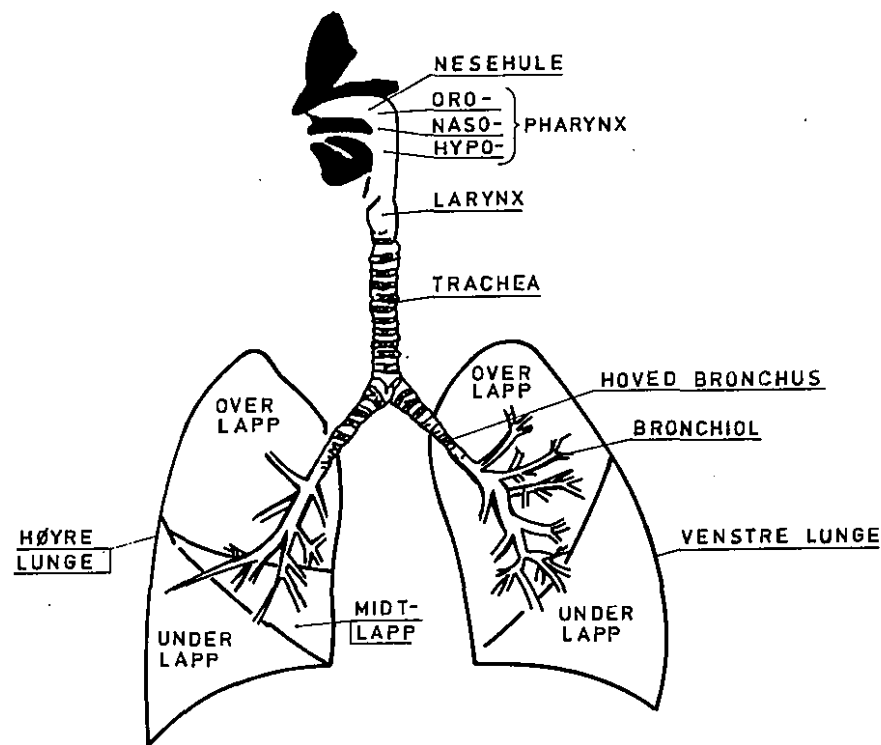
### 1.1.2 Respirasjonens fysiologi og patofysiologi

Lungenes respiratoriske funksjon kan inndeles i ventilasjon, perfusjon (gjennomblødning) og gassveksling. Disse omtales nærmere i det følgende sammen med prinsippene for ventilasjonens regulering.

#### Ventilasjon.

Innånding – inspirasjon – finner sted ved at diafragma og andre inspirasjonsmuskler trekker seg sammen. Dette fører til at brystkassen utvider seg i alle tre dimensjoner. Lungene tvinges til å følge med, og dermed strømmer luft ned gjennom luftveiene til alveolene.

FIG.1: RESPIRASJONS-SYSTEMETS ANATOMISKE FORHOLD



I løpet av inspirasjonsfasen blir det intrapleurale trykk – d.v.s. trykket i den væskefylte spalte mellom lungenes utside og brystveggen – stadig mer negativt i forhold til atmosfæretrykket. Dette beror på den elastiske motstand lungene yter mot utvidelsen. Når inspirasjonsmusklene avslappes etter innåndingen, skjer utåndingen – ekspirasjonen – vanligvis uten muskelbruk. Dette skyldes de elastiske krefter i lungene og brystkassen.

Fig. 2 gir et skjematisk bilde av brystkassens bevegelser.

Når ventilasjonens mekanikk studeres fra et statisk synspunkt, står elastiske krefter sentralt. Et inntrykk av lungevevets elastisitet kan fåes ved å måle lungens compliance (C). Denne er definert som den volumendring som følger en gitt endring i det intrathorakale trykk, målt under statiske betingelser. En høy verdi for C betyr at lungene er slappe og uten særlig tendens til å trekke seg sammen. Liten compliance på den annen side innebærer at det trenges betydelige krefter for å holde lungene utvidet. Lungevevets elastisitet er ikke idéell, men varierer med utspilingsgraden. Man får derfor bedre informasjon om lungens elastiske egenskaper ved å måle det såkalte statiske tilbakefjæringstrykk ved forskjellige lungevolumentilstander.

## DEL 3: HELSEKONTROLL AV LUNGENE

3.1 Undersøkelser ved ansettelse og senere	
3.1.1 Journalkort	34
3.1.2 Periodiske helseundersøkelser	35
3.2 Epidemiologiske undersøkelser	
3.2.1 Typer	37
3.2.2 Målsetting	38
3.2.3 Prosedyrer	38
3.2.4 Kontrollgrupper	40

## LESESTOFF: 41

## APPENDIX:

1 Forkortelser, symboler m.v./SI-systemet.	43
2 Volum-konversjon fra ATPS til BTPS.	46
3 Kurvetyper, utregning, presentasjon.	47
4 Ventilasjonsvariabler (BTPS): Koeffisienter for multiple, lineære regresjons-ligninger med standardavvik (SD).	53
5 I – Nomogram FVC	54
II – Nomogram FEV <sub>1</sub>	55
III – Nomogram FEF (menn)	56
IV – Nomogram FEF (kvinner)	57
V – Nomogram PEF	58
6 Spørreskjema: Yrkeshygienisk Institutt.	59
7 Spørreskjema om respirasjonssymptomer, British Medical Research Council (1976).	61
8 Klassifisering og kategorier av operatører ved aluminiumverk.	72

## ILLUSTRASJONER:

- Fig. 1 Respirasjonssystemets anatomiske forhold.
- Fig. 2 Brystkassens bevegelser.
- Fig. 3 Lungenes elastiske egenskaper.
- Fig. 4 Strømningsresistans.
- Fig. 5 «Bag in the box» modell med mykt rør.
- Fig. 6 Statisk lungevolum.
- Fig. 7 Dynamisk lungevolum.
- Fig. 8 Fordeling av lungevolum.
- Fig. 9 Deponeringsmønster for aerosolpartikler i respirasjonsorganene.
- Fig. 10 Ekspirert nitrogenkurve etter innånding av 100% oksygen.

## FORORD

Norsk Aluminiumindustri Helseutvalg (NAIH)\* arrangerte 1975–1979 en serie symposier i lungemedisin. Bakgrunnen var de respirasjonssykdommer som forekommer som følge av forurensninger i arbeidsluften under elektrolitisk produksjon av råaluminium. Under symposiene viste det seg bl.a. at det forelå et behov for mere ensartet opplegg for lungefunksjonsmåling som del av bedriftshelsetjenestens arbeidsprogram i denne industri. NAIH foreslo derfor at det ble utarbeidet en håndbok som hadde lignende orientering som «Lung Function Assessment in the Surveillance of Respiratory Health. A Guide for Health Personnel» som var under utarbeidelse av European Primary Aluminium Association's Occupational Health Committee (EPAA-OHC)<sup>13)</sup> og hvor norske verk er representert. Opplegget fulgte også linjer trukket opp på International Primary Aluminium Institute (IPAI)'s «Health Protection Seminar» som ble holdt i denne periode<sup>9)</sup>.

Også Ferrolegeringsindustriens Helseutvalg (FIHU) i Norge understreket 1976–1979 behovet for et mer ensartet grunnlag for lungefunksjonsundersøkelser i bedriftshelsetjenestens arbeide i denne industri. Andre industri-bransjer fremkom med lignende synspunkter. Videre har Yrkesmedisinsk avdeling, Direktoratet for arbeidstilsynet, vist til et generelt behov for en håndbok i lungefunksjonsundersøkelser i norsk bedriftshelsetjeneste, en håndbok som på det praktiske plan ville supplere en generell svensk industrioversikt<sup>9)</sup> over emnet. Forøvrig fremgår det av «Lov om arbeidervern og arbeidsmiljø» (1977) med tilliggende bestemmelser og retningslinjer at mere vidtgående yrkesmedisinske undersøkelser og helsekontroll av lungene enn tidligere er ønskelig i arbeidet innen bedriftshelsetjenesten.

Håndboken består av to hoveddeler, «Respirasjonsorganene» og «Lungefunksjonsundersøkelser», samt en kort oversikt over «Helsekontroll av lungene». Håndboken har også henvisninger til lesestoff, 8, Appendix og 10 illustrasjoner.

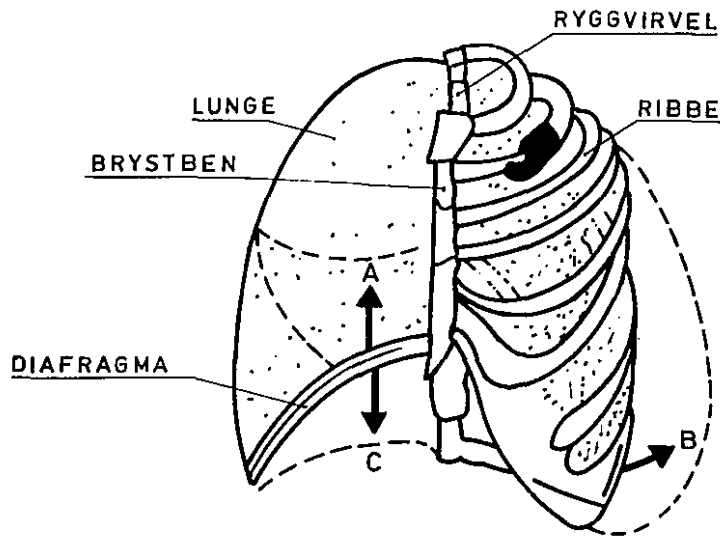
Arbeidet med håndboken har vært administrert av Aluminiumindustriens Miljøsekretariat (AMS). Dette er en felles organisasjon for alle produsenter av råaluminium i Norden og AMS arbeider på områdene helse, arbeidsmiljø og vern. Denne håndboken er den første i en serie publikasjoner som forberedes av AMS. Blandt annet er en «Håndbok i arbeidsmiljøovervåking, og helse-vern» under utarbeidelse.

April 1980

Eirik A. Nordheim  
Daglig leder  
Aluminiumindustriens  
Miljøsekretariat.

\* Fra 1977: Nordisk Aluminiumindustri Helseutvalg (NAIH).

FIG. 2: BRYSTKASSENS BEVEGELSER



VED INSPIRASJON UTVIDER BRYSTKASSEN SEG I ALLE TRE DIMENSJONER (A, B OG C)

forteller hvor stort trykk som må til for å holde lungen utspilt ved forskjellige volumnivåer. Fig. 3 viser hvordan syke lungers elastiske egenskaper avviker fra det normale.

Lungevevets elastisitet har avgjørende innflytelse på størrelsen av både alveoler og luftveier, særlig de perifere luftveier som mangler brusk. I tillegg til elastiske krefter har også tyngdekraften innflytelse på graden av ekspansjon på de forskjellige høydene i lungen. Hos et menneske i oppreist stilling kan man forestille seg at lungene henger i toppen av brystkassen. På ethvert nivå nedover vil vekten av den nedenforliggende del av lungen bidra til å holde alveoler og luftveier utspilt. Dette medfører at utspilingsgraden blir minst nederst i lungene. Faktisk vil luftveiene i disse basale lungeområder ha tendens til å lukke seg når utspilingsgraden blir liten under utåndingen. Lungevolumet ved det utspilingsnivå der et større antall luftveier lukker seg på denne måte, kalles lukningsvolumet eller closing volume (CV). Dette volum øker med alderen på grunn av redusert elastisk tilbakefjæringstrykk. Det er også forøket ved sykdom i de perifere luftveier.

Når ventilasjonens mekanikk studeres fra et *dynamisk* synspunkt, viser det seg at motstanden – resistansen\* – mot ventilasjonsbevegelsene vesentlig beror på luftens strømming. Strømningsresistans defineres som det trykkfall

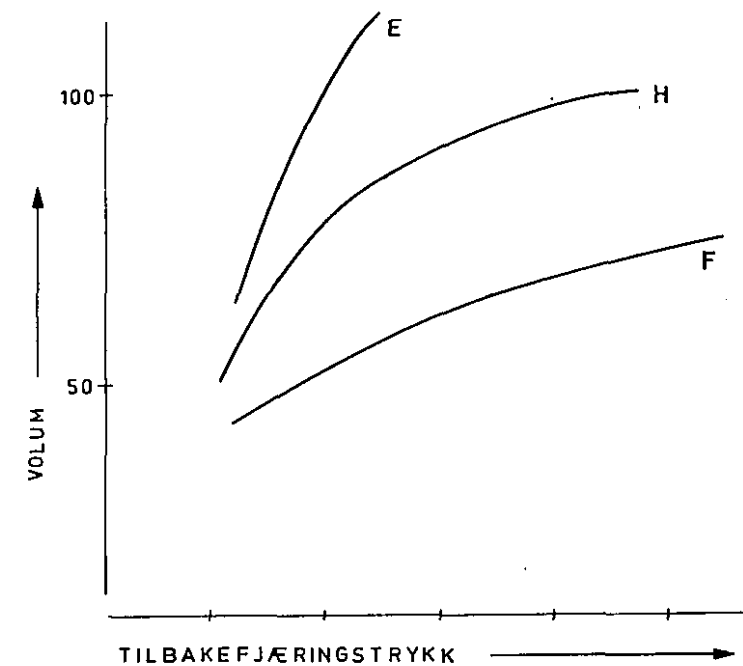
\* Resistans er innført som begrep i norsk lungemedisin idet resistens vanligvis brukes i mikrobiologisk sammenheng.

som oppstår ved en bestemt strømningshastighet eller flow (Fig. 4). Ved strømlinjet – laminært – strømningsmønster varierer resistansen omvendt proporsjonalt med fjerde potens av rørets diameter, mens turbulent strømming gir en resistans som øker proporsjonalt med flow og avtar med femte potens av diameteren. Luftveisresistansen ( $R_{aw}$ ) er størst i trachea og de store bronkier hvor luftveienes samlede tverrsnitt er minst og strømningsmønsteret turbulent, særlig ved forsert ekspirasjon.

Følgende faktorer vil øke luftveisresistansen:

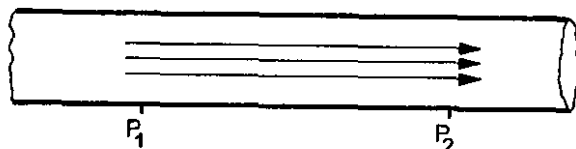
- (1) kontraksjon av bronkialmuskulaturen
- (2) ødem i bronkialslimhinnen
- (3) hypertrofi av slimkjertler (som ved kronisk bronkitt)
- (4) økt mengde og viskositet av bronkialslimet.

FIG. 3: LUNGENS ELASTISKE EGENSKAPER



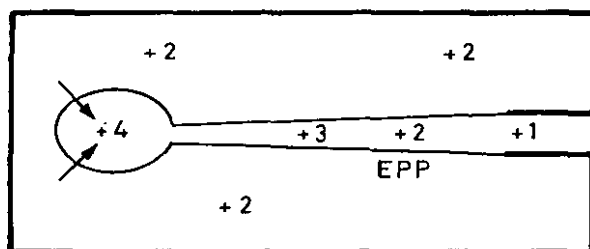
FORANDRING I LUNGEVOLUM VED EN GITT TRYKKFORANDRING (DVS COMPLIANCE) VIL NORMALT VÆRE STØRST VED Ca. 50 % AV FULL INFLASJON (H). EMFYSEMATØS LUNGE (E) HAR STORT VOLUM OG LITEN TILBAKEFJÆRING, I MOTSETNING TIL FIBROTISK LUNGE (F)

FIG. 4: STRØMNINGSRESISTANS



STRØMNINGSRESISTANSEN I ET RØR DEFINERES SOM TRYKKFALLET FRA  $P_1$  TIL  $P_2$  VED BESTEMT STRØMNINGS- HASTIGHET.

FIG. 5: "BAG IN THE BOX" MODELL MED MYKT RØR



DEN TRANSPULMONALE TILBAKEFJÆRING (VIST MED PILER) GIR ET HØYERE TRYKK I ALVEOLENE ENN I BRYSTKASSEN. PÅ GRUNN AV STRØMNINGSRESISTANS VIL TRYKKET SYNKE I RETNING AV MUNNHULEN. VED ET VISST PUNKT (EPP=EQUAL PRESSURE POINT) BLIR TRYKKET I LUFT- VEIENE LIK BRYSTKASSENS TRYKK. BRONKIALVEGGEN BLIR DA USTABIL, OG DYNAMISK KOLLAPS OPPSTÅR.

Alle disse faktorer kan bidra til at statisk luftveiskollaps lettere finner sted, d.v.s. at CV øker. Ved forsert ekspirasjon kommer ytterligere en faktor med i bildet, nemlig:

(5) en tendens til dynamisk kompresjon av bronkialtreet, noe som vil begrense den maksimale ekspiratoriske strømningshastighet. Fenomenet kan forklares ut fra en modell som er skissert i Fig. 5.

Måling av lungenes mekaniske egenskaper krever spesialisert laboratorieservice. Slike målinger benyttes derfor lite i klinisk medisin og vanligvis ikke i yrkesmedisinsk praksis. Man kan imidlertid skaffe seg indirekte opplysning om lungenes mekanikk ved enkle målemetoder som sikter på å

bestemme størrelsen av forskjellige lungevolum. Lungevolum kan studeres dels under statiske, dels under dynamiske betingelser.

Statiske lungevolum er vist i Fig. 6. Vitalkapasiteten (VC) er til en viss grad et mål for lungevevets elastisitet i forhold til muskelstyrken. Redusert compliance ledsages vanligvis av nedsatt VC, hvilket er karakteristisk for den såkalte restriktive ventilasjonsinnskrenkning. Denne kan være resultat av sykdom i lungevev eller pleura (f.eks. lungefibrose, pleuravæske), men kan også bero på redusert bevegelse av brystvegg eller diafragma (f.eks. fedme, svangerskap). Redusert VC kan imidlertid også bety svekket muskelkraft (f.eks. ved myasthenia gravis).

De viktigste dynamiske lungevolum kan bestemmes ved å registrere en forsert, maksimal ekspirasjon (Fig. 7). Det forserte, ekspirerte volum i 1 sekund ( $FEV_1$ ) gir god informasjon om motstanden i luftveiene, særlig når VC er normal. Når  $FEV_1$  hos unge personer er mindre enn ca. 75% av VC, er evnen til hurtig ekspirasjon redusert, og det foreligger såkalt luftveisobstruksjon. Uttrykket «obstruksjon» brukes for å betegne en gruppe sykdommer: bronkial astma, kronisk obstruktiv bronkitt og emfysem. Disse har som fellestrekk økt luftveisresistans, men kan altså erkjennes ved enkel måling av en forsert ekspirasjon. Ved helsekontroll av lungene hos arbeidstagere i industrien er det viktig å bringe på det rene om det foreligger slik obstruktiv sykdom. Måling av dynamisk lungevolum bør derfor inngå som en rutinemessig del av yrkesmedisinsk undersøkelse hvor det er mistanke om økt forekomst av slik sykdom.

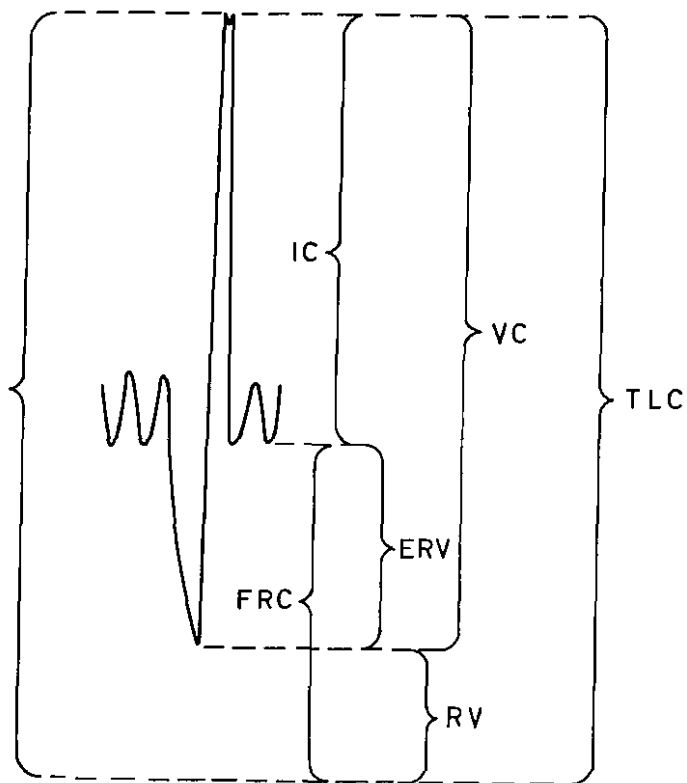
Obstruktiv ventilasjonsinnskrenkning hindrer fri ekspirasjon og fører derfor lett til økt luftinnhold i lungene – hyperinflasjon –. Slik hyperinflasjon bedrer ekspansjonen av de små luftveier og kan på den måten redusere det mekaniske pustearbeide ved obstruktiv sykdom, men er samtidig til ulempe for gassvekslingen. Økning av den funksjonelle residualkapasitet (FRC) er karakteristisk for denne tilstand (Fig. 8). Det samme gjelder residualvolumet (RV), mens VC vanligvis er redusert. På denne måte kan forholdet mellom  $FEV_1$  og VC (ofte kalt  $FEV\%$ ) være normalt selv om det foreligger en betydelig grad av obstruksjon.

I de senere år har det vært vist økende interesse for den siste del av den forserte ekspirasjon, f.eks. ved å angi strømningshastigheter lenger ut i kurven enn svarende til  $FEV_1$ . Grunnen til dette er at sykdom i de perifere luftveier ut fra teoretiske betraktninger særlig skulle gi seg til kjenne i denne del av kurven. En variabel som har vært brukt, er forsert ekspiratorisk flow (FEF) over den midre del av VC ( $FEF_{25-75\%}$ ). Slike variabler har imidlertid den ulempe at de viser stor spredning hos friske personer. Dessuten er målingen arbeidskrevende hvis det da ikke står avansert måleutstyr til rådighet.

På den annen side er maksimal strømningshastighet – den såkalte peak expiratory flow (PEF) – lett å måle. Den er en pålitelig (men ikke særlig sensitiv) indeks for bronkial obstruksjon. Måling av PEF inngår som en selvfølgelig del av alle undersøkelser av lungefunksjonen.

Ventilasjonens størrelse angis i liter ekspirert luft pr. minutt. I hvile

FIG. 6: STATISKE LUNGVOLUM



TLC = TOTAL LUNGEKAPASITET, VC = VITALKAPASITET  
 RV = RESIDUALVOLUM, FRC = FUNKSJONELL  
 RESIDUALKAPASITET, ERV = EKSPIRATORISK  
 RESIDUALKAPASITET, IC = INSPIRATORISK KAPASITET  
 FORKORTELSENE-SOM BRUKES INTERNASJONALT-  
 SVARER TIL ENGELSK NOMENKLATUR (APPENDIX 1)

ventilerer et voksent menneske noe mindre enn 10 l/min. Tungt kroppsarbeide kan medføre opp til 4-5 ganger økning av ventilasjonen.

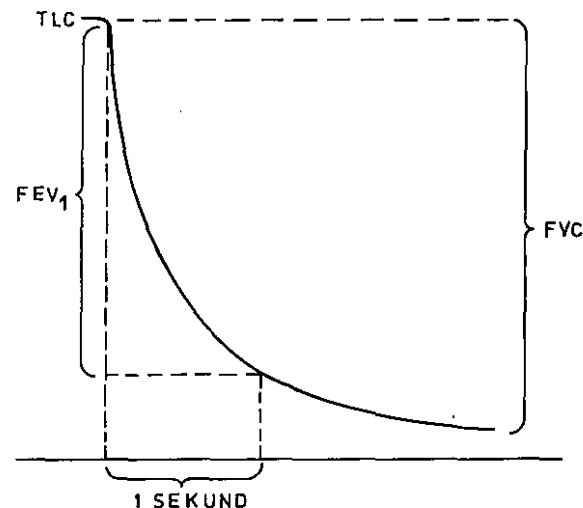
Normalt opprettholder ventilasjonen en nærmest konstant konsentrasjon av CO<sub>2</sub> i alveolluften og dermed også i arterieblodet. Økt ventilasjon utover organismens behov (hyperventilasjon) medfører redusert CO<sub>2</sub>-innhold i arterieblodet, mens hypoventilasjon gir opphoping av CO<sub>2</sub> i blod.

Åndenød - *dyspné* - er en subjektiv følelse av behov for økt ventilasjon. Dyspné opptrer særlig ved hjerte- og lungesykdommer, men også hos friske personer ved store fysiske anstrengelser.

*Lungekretsløpet*

Lungekretsløpet skiller seg fra det systemiske kretsløp først og fremst ved at trykket i pulmonalarterien gjennomgående er mindre enn 1/5 av trykket i aorta og de øvrige systemiske arterier. Tyngdekraften har derfor relativt stor innflytelse på blodfordelingen i lungene, slik at lungenes nedre deler får meget større gjennomblødning enn de midtre og øvre deler.

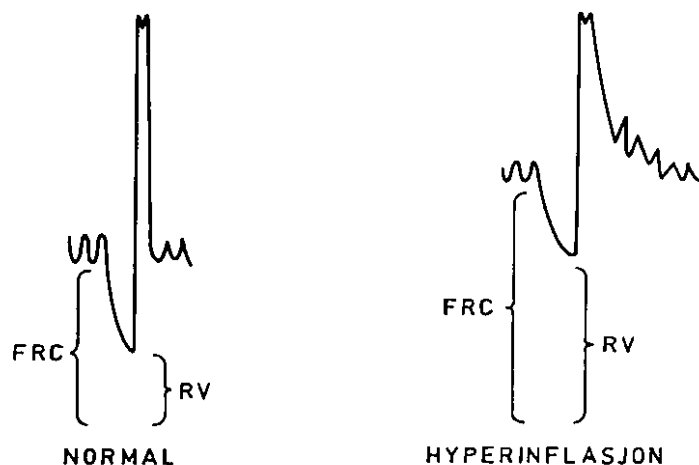
FIG. 7: DYNAMISKE LUNGEVOLUM



TID/VOLUM KURVE AV EN FORSERT MAKSIMAL EKSPIRASJON. FVC = FORSERT VITAL KAPASITET. FEV<sub>1</sub> = FORSERT EKSPIRATORISK VOLUM I ETT SEKUND. FEF ELLER GJENNOMSNITTLIG FORSERT STRØMNINGSFASTIGHET (FLOW) OVER 25-75% AV FVC ER IKKE MEDTATT (FORENKLING). FORKORTELSENE SOM BRUKES INTERNASJONALT SVARER TIL ENGELSK NOMENKLATUR (APPENDIX 1)

Også lokale mekanismer griper inn i reguleringen av lungenes blodfordeling. Den viktigste faktor er kontraksjonsgraden – tonus – i de små lungearteriers muskler. Denne tonus er oksygenavhengig, slik at en relativ  $O_2$  – mangel lokalt – hypoksi – f.eks. på grunn av redusert ventilasjon i området, øker tonus og dermed strømningsresistansen. Denne mekanisme sørger for at gjennomblødningen – perfusjonen – tilpasses den lokale ventilasjon. Mekanisme fungerer ikke idéelt og hindrer f.eks. ikke at gravitasjonen fører til at forholdet mellom ventilasjon og perfusjon varierer fra topp til basis hos friske personer. Ved lungesykdom mister mekanismen meget av sin betydning for blodfordelingen. En generell, uttalt hypoksi gir økning av lungens karresistans og fører til økt belastning av høyre hjertehalvdel, og senere eventuelt til hjertesvikt.

FIG. 8: FORDELING AV LUNGEVOLUM



HYPERINFLASJON INNEBÆRER ØKET FRC (OG RV). VC ER REDUSERT OG "AIR TRAPPING" LEDER TIL FORSINKET TILBAKEVENDING TIL DET OPPRINNELIGE PUSTENIVÅ (FRC) EFTER DYP INSPIRASJON. FORKORTELESENE SOM BRUKES INTERNASJONALT SVARER TIL ENGELSK NOMENKLATUR (APPENDIX 1)

### Gassveksling

Overgangen av  $O_2$  fra alveolluft til lungens kapillærblod og av  $CO_2$  i motsatt retning følger fysiske lover for diffusjon. Oksygenmolekylene trenger imidlertid tid (en brøkdel av et sekund) på veien fra alveolene til hemoglobinet i de røde blodlegemer. Hvis blodlegemene bare oppholder seg kort i kapillærene (hurtig gjennomblødning), kan det oppstå en diffusjonsgradient for  $O_2$  mellom alveolgass og sluttkapillært blod. Dette vil føre til et redusert  $O_2$ -innhold i arterielt blod.

Oksygenering av blodet i lungene er også avhengig av at ventilasjonen i de enkelte lungeområder er avpasset etter perfusjonen, m.a.o. at forholdet mellom ventilasjon og perfusjon ikke varierer for meget rundt om i lungene. Blod som kommer fra relativt underventilerte områder, har et lavt innhold av oksygen. I overventilerte områder blir oksygentensjonen riktignok høy, men dette fører ikke til vesentlig meropptak av oksygen i disse områder. Arterieblodet vil derfor inneholde mindre oksygen enn normalt. For utluftningen av karbondioksyd har den ujevne ventilasjon/perfusjon liten betydning.

### Ventilasjonens regulering

Respirasjonen er tildels underlagt viljen, men inngår også i sammensatte reflekser, slik som gjesping, sukking, nysing og hoste.

Ventilasjonen reguleres av respirasjonssenteret i hjernestammen. Forskjellige stimuli har betydning for ventilasjonen. Således kan engstelse og smerte føre til hurtig åndedrett – tachypné – og til hyperventilasjon som gir unormalt tap av  $CO_2$ . Dette kan igjen lede til bronkialkonstriksjon (astma). Lavt  $CO_2$ -trykk i blodet får hjernens arterier til å trekke seg sammen slik at oksygenforsyningen blir for liten med svimmelhet eller besvimelse som følge.

Det kommer også stimuli fra nervereseptorer i lungene og i respirasjonsmuskulaturen til respirasjonssenteret. Disse stimuli påvirker ventilasjonsmønsteret og har særlig betydning ved visse lungesykdommer, f.eks. lungefibrose.

Den *kjemiske ventilasjonsregulering* er imidlertid viktigst. Det kommer kontinuerlig feed back-signaler om partialtrykket for oksygen og karbondioksyd til respirasjonssenteret. Disse har avgjørende innflytelse på ventilasjonens størrelse.

De oksygen-sensitive reseptorer er lokalisert nær de sentrale arterier (carotis- og aortalegemene). Aktiviteten fra disse stimuleres spesifikt av hypoksi, men modifiseres noe av endringer i  $CO_2$ -tensjon og pH. Imidlertid kreves en temmelig uttalt grad av hypoksi før ventilasjonen øker vesentlig, og den hypoksi-induserte regulering representerer en slags grovjustering som særlig er effektiv i ekstreme situasjoner når alvorlig oksygenmangel truer organismen. Akutt hypoksi ledsages vanligvis ikke av alarmerende åndenød. Bevisstløshet kan oppstå uten forutgående varsel ved innånding av særlig oksygenfattige gassblandinger («inert gas»).

Den finere kjemiske regulering av ventilasjonen går over  $CO_2$  feed back-

systemet, der lokale kjemoreseptorer i hjernestammen overvåker H<sup>+</sup>-konsentrasjonen i den interstitielle hjernevæske. Denne del av reguleringsystemet synes å være innstilt på å holde hjernens H<sup>+</sup>-konsentrasjon praktisk talt konstant ved å avpasse ventilasjonen og dermed CO<sub>2</sub>-tensjonen etter behovet til enhver tid.

### 1.1.3 Lungenes ikke-respiratoriske funksjon

I tillegg til respirasjonen har lungene også andre, fysiologisk viktige funksjoner. De tjener som et filter som beskytter hjerne og hjerte mot skade av uvedkommende partikler i sirkulasjonssystemet. Lungene deltar også aktivt i avgiftning og utskillelse av skadelige stoffer, samtidig som de regulerer konsentrasjonen av og tildels selv produserer substanser av vidtrekkende fysiologisk betydning, f.eks. fibrin, noradrenalin og angiotensin.

## 1.2 Forsvarsmekanismer

### 1.2.1 Rensing og fukting av åndedrettsluften

De øvre luftveier har viktige funksjoner ved å forbehandle inhalert atmosfæreluft før den når de dypere luftveier og gassvekslingssonen. Nesehårene fungerer som et kombinert tørr- og våt-rensesystem: nesehårene filtrerer ut grovere partikler, andre partikler blir deponert på den våte neseslimhinnen på grunn av turbulens, og mucus kan til en viss grad ta seg av oppløselige, skadelige gasser. Før luften når larynx, vil temperaturen i innåndingsluften være justert av den rikelige blodgjennomstrømmingen i neseslimhinnen. Inhalert luft blir også effektivt fuktet av den forholdsvis store, våte overflaten i nesen og nasopharynx.

Ved ekspirasjonen er væsketapet redusert til et minimum ved kondensdannelse under passasjen gjennom nesen.

### 1.2.2 Det mucociliære system

Et cellelag av sylinderepitel dekker den indre overflate av størstedelen av nesen, larynx og luftveiene videre ned til alveolene. Utførselsganger fra slimproduserende kjertler går gjennom cellelaget hvor det også finnes begerceller. Sekretet (mucus) legger seg som et teppe på flimmerhårene (ciliene) som utgår fra epitelcellene. Ved koordinert bevegelse av ciliene kan partikler som er havnet på slimhinnen, bli ført opp til svelget fra de dypere luftveier. Transporthastigheten er fra 1–10 mm/min. Denne «mucociliære rulletrapp» hindrer i stor utstrekning fremmede partikler fra å trenge inn i lungene.

Flimmerhårenes aktivitet kan lett bli forstyrret og slimets egenskaper forandret (på grunn av tørr luft, tobakksrøyk, infeksjoner m.v.). Noen medikamenter øker transporthastigheten, spesielt de såkalte beta-adrenerge stimulatorer, som brukes til bronkдилatasjon ved astmatiske sykdommer.

### 1.2.3 Immunologiske mekanismer

Forskjellige immun-mekanismer tjener som lokalt forsvar mot bakterielle og virale infeksjoner i luftveiene. Bronkialsekretets innhold av immunglobuliner, særlig IgA, øker etter inntrengen av mikroorganismer, slik at spredningen av levende mikrober på slimhinnen hindres. Ved allergiske tilstander øker konsentrasjonen av andre immunglobuliner (IgE) i sekretet. Andre immunmekanismer avhenger hovedsakelig av makrofager som finnes i luftveier og alveoler. Makrofagene fortærer skadelige partikler og kan uskadeliggjøre mikroorganismene.

### 1.2.4 Beskyttelsesreflekser

Reflekser som nysing og hoste fører til utstøtning av fremmede partikler fra luftveiene. Hoste fremkommer ved kontraksjon av ekspirasjonsmuskulaturen med avstengt stemmespalte (glottis) og dermed betydelig økning av det intrathorakale trykk. Når så glottis plutselig åpnes, er resultatet en særlig kraftig ekspirasjon. Denne ledsages av dynamisk kompresjon av trachea og de store bronkier (Fig. 5). Luftstrømningshastigheten her blir derfor meget stor slik at slim og fremmede partikler blir revet med. Andre reflekser – f.eks. larynx-spasme – sørger for lukning av luftveiene i den hensikt å beskytte mot inntrengen av fremmed materiale. Bronkokonstriksjon etter inhalasjon av irriterende stoffer er et kjent fenomen for mange bedriftsleger. Dersom reseptorer i lungevevet stimuleres, ledsages bronkokonstriksjonen av hyperventilasjon, noe som forsterker eventuelle astmatiske symptomer.

### 1.2.5 Virkning av innåndede substanser

I løpet av en 8 timers arbeidsdag vil en voksen person med moderat tungt kroppsarbeid inhalere mer enn 10,000 liter luft. Den potensielle helserisiko ved å puste inn skadelige substanser i arbeidsmiljøet er sannsynligvis større enn ved svelging og ved hudkontakt. De inhalerte stoffers skade og biologiske virkning er ikke de samme for gasser/damper som for partikler. Partikler mindre enn 0,5 mikrometer i diameter oppfører seg imidlertid gjerne som gasser. Væske eller gass som er adsorbent på overflaten av partikler, følger disse ned i luftveiene.

## Gasser

Alveolenes totale overflate er omtrent  $80 \text{ m}^2$ , noe som tillater hurtig absorpsjon av gass fra alveoler til blod. «Inerte» (indifferente) gasser med lav løselighet i vann (f.eks. helium) blir utluftet fullstendig i løpet av noen få åndedrag med atmosfæreluft. Lett oppløselig gasser (f.eks.  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{Cl}_2$ ) blir for en stor del tatt opp av slimet i luftveiene. Lett løselige og kjemisk særlig aktive gasser vil utløse sterke forsvarsreaksjoner i de øvre luftveier, noe som reduserer faren for alvorlige lungeskader. Mindre irriterende, men giftige gasser, f.eks. fosgen, behøver ikke å gi alarmerende symptomer fra nese, svelg eller trachea, men kan lettere skade lungene og forårsake lungeødem. Gass kan binde seg til partikler som i seg selv er kjemisk indifferente dette er bl.a. tilfelle med svoveldioksyd. En partikkelkjerne kan således transportere skadelig gass, f.eks. hydrogenfluorid, dypt ned i luftveiene.

Virkingen av innåndede gasser kan variere fra irritasjon av de øvre luftveier til livstruende lungeødem. Irriterende gasser kan fremkalle bronkokonstriksjon og astmatiske symptomer, avhengig av individuelle reaksjonsmønstre. Nye studier har antydnet at langvarig eksposisjon for irriterende gasser og partikler kan føre til en langsomt progredierende bronkialobstruksjon som er mer eller mindre reversibel.

## Partikler

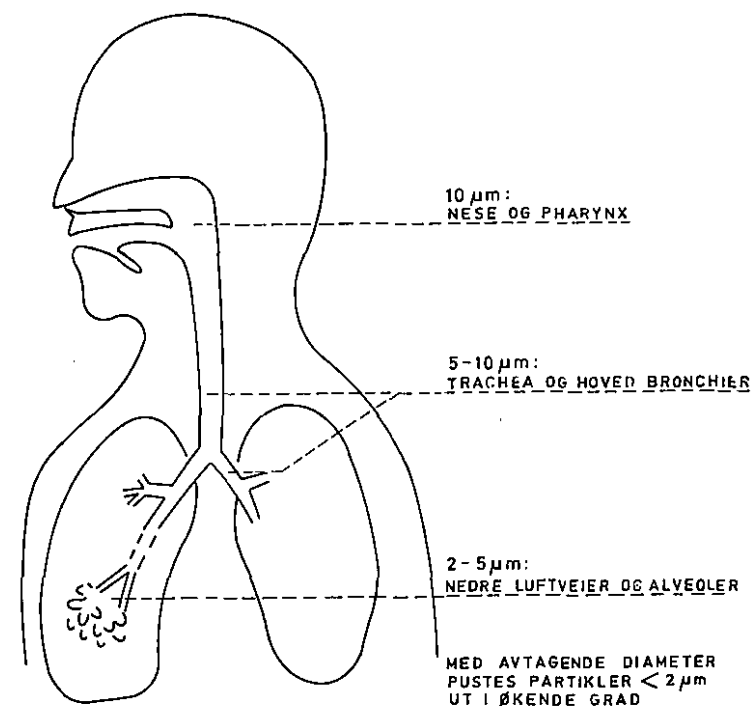
Fordeling og deponering av inhalerte partikler er viktige forhold i yrkesmedisin. Dette gjelder særlig begrepet «respirabelt støv». Partikler har en diameter som er større enn en tredjedel av sin lengde, mens fibre er mer enn tre ganger så lange som diameteren og har andre aerodynamiske egenskaper enn partikler. Lange, tynne fibre (f.eks. asbest) kan trenge dypt ned i lungene. Uregelmessig formede partikler oppfører seg omtrent svarende til sin minste diameter. Runde partikler på 10 mikrometer eller mer deponeres nesten i sin helhet i de øvre luftveier. Med avtagende diameter tenderer aerosoler til å nå de perifere deler av luftveiene og alveolene (Fig. 9). En diameter på 2–5 mikrometer innfanges lettest i de dypere deler av lungene, mens aerosoler med enda mindre partikkelstørrelse er relativt stabile. Når diameteren er mindre enn 0,5 mikrometer, blir aerosolen for størstedelen pustet ut igjen slik at bare en minimal mengde blir igjen i lungene. På den annen side blir fint støv (og fibre) som deponeres og holdes tilbake i alveolene, fortært (fagocyttert) av alveolære makrofager.

Makrofagene blir enten transportert vekk via ciliene eller lymfesystemet, og de trenger med sitt innhold eventuelt inn i lymfeknutene i lungehilus. Dette forløp er karakteristisk for biologisk indifferente støv, f.eks. kullpartikler. Enkelte stoffer oppfører seg imidlertid annerledes. De stimulerer makrofagene til å frigjøre substanser som i sin tur gir kronisk betennelse og overproduksjon av bindevev, slik som ved silikose og asbestose. Asbestfibre

kan videre penetrere lungevev, havne i pleura og eventuelt gi pleuraplaques eller malignt mesoteliom. Mekanismene i denne forbindelse er ikke kjent.

Partiklens evne til å trekke til seg fuktighet (hygroskopi) er av betydning for deres utfelling i luftveiene, hvor den relative fuktighet er nær 100%. Dette beror bl.a. på at den aerodynamiske diameter øker med partikkelens vanninnhold. Deponeringsmønstret påvirkes også av aerosolens elektriske ladning, spesielt når det gjelder meget små partikler.

FIG. 9: DEPONERINGSMØNSTER FOR AEROSOLPARTIKLER I RESPIRASJONSORGANENE



AERODYNAMISK DIAMETER OG VIKTIGSTE DEPONERINGSTEDER

## 1.3 Definisjoner

### 1.3.1 Terminologi

Endel betegnelser som vedrører respirasjonsorganenes sykdommer, kan virke inkonsekvente, som f.eks. når uttrykkene «lunge»-funksjon eller «lunge»-sykdom brukes om forhold som egentlig angår bronkialtreet. Likeledes bruker vi på norsk betegnelsen «luftveisobstruksjon» selv når det åpenbart dreier seg om forandringer i selve lungeparenchymet som årsak til funksjonsforstyrrelsen, f.eks. emfysem. Denne noe upresise terminologi er imidlertid alminnelig utbredt.

### 1.3.2 Klassifisering av sykdom

Gruppering og klassifisering av sykdom kan foretas på mange måter, avhengig av hvilke kriterier som velges for å inndeles sykdommene. Sykelige tilstander som skyldes infeksjon, grupperes gjerne etter etiologi (d.v.s. sykdomsårsak). Ønsker man å studere arten og forløpet av en sykkelig prosess, vil derimot en klassifisering basert på patofysiologiske forhold kunne være hensiktsmessig. For klinikerer er det naturlig å foretrekke en sykdomsinndeling ut fra symptomer og kliniske sykdomstegn, mens morfologiske kriterier er nærliggende for gruppering av f.eks. ondartede svulster.

I denne håndbok benyttes stort sett patofysiologiske kriterier ved klassifisering av lungesykdom. Dette er tendensen i moderne klinisk lungemedisin og epidemiologi. I yrkesmedisinsk sammenheng er disse kriterier hensiktsmessige, særlig med tanke på rutiner ved helsekontroll av lungene og i epidemiologiske undersøkelser.

#### *Obstruktiv lungesykdom*

Luftveisobstruksjon betyr nedsatt evne til å utføre forsert ekspirasjon. Dette kan påvises ved enkle spirometriske prøver og er ofte tydelig også ved klinisk undersøkelse (forlenget ekspirasjon ved auskultasjon, evt. tønneformet thorax).

Luftveisobstruksjon er typisk for bronkial astma, kronisk bronkitt og lungeemfysem. De vanligst aksepterte definisjoner for disse tilstander er som følger (WHO, 1961)<sup>15)</sup>:

**BRONKIAL ASTMA** – er en tilstand preget av diffust utbredt forsnevring av bronkialtreet, der graden av forsnevring varierer i løpet av kort tid, enten spontant eller som følge av behandling. Bronkialforsnevringen skal ikke skyldes kardiovaskulære sykdommer.

**KRONISK BRONKITT** – er en kronisk eller stadig tilbakevendende øking av mengden av bronkialsekret, tilstrekkelig til å forårsake ekspektorasjon (oppspytt), forutsatt at dette ikke skyldes lokalisert lungesykdom. «Kronisk» og «tilbakevendende» defineres som oppspytt de fleste dager i løpet av 3 måneder i hvert av to påfølgende år.

**EMFYSEM** – er karakterisert av utvidelse og destruksjon av lungevev perifert for de terminale bronkioler.

Særlig i sene sykdomsstadier kan det være vanskelig å skille mellom kronisk obstruktiv bronkitt og langvarig bronkial astma. Emfysem forekommer ofte samtidig med kronisk bronkitt og er da vanskelig å påvise. Betegnelsen «obstruktiv lungesykdom» vil derfor mange ganger brukes fordi det i praksis kan være umulig å stille en differensiert diagnose. «Kronisk obstruktiv lungesykdom» omfatter kronisk obstruktiv bronkitt og emfysem, men ikke bronkial astma, idet denne ikke nødvendigvis er en kronisk tilstand.

Lokalisert strømningshindring i en større bronkiegren, forårsaket f.eks. av en svulst, gir ikke et typisk bilde av luftveisobstruksjon.

#### *Restriktiv lungesykdom*

Med restriksjon forstår vi et belgfunktionsmønster med redusert vitalkapasitet (VC), men med normal evne til å drive den reduserte luftmengde hurtig ut av lungene ved forsert ekspirasjon. Det restriktive mønster er karakteristisk for endel patologiske tilstander med diffust utbredt affeksjon av lungeparenchymet. Typisk sees restriksjon ved fibroserende alveolitt (en progredierende lungefibrose). Eksogen allergisk alveolitt (f.eks. byssinose) og pneumokonioser etter inhalasjon av mineralstøv (f.eks. asbestose) gir også restriktive forandringer. De tidligere nevnte asbestbetingede pleuraplaques gir bare meget sjelden målbar reduksjon av VC.

Mange foretrekker betegnelsen «ikke obstruktiv» ventilasjonsinnskrenking for de ovennevnte tilstander. Grunnen er at redusert VC også opptrer i forbindelse med sykdom hvor betegnelsen «restriksjon» er misvisende (f.eks. ved lammelse av respirasjonsmuskulene).

### 1.3.3 Forkortelser, symboler m.v.

I lungemedisin og respirasjonsfysiologi brukes en rekke forkortelser, symboler og spesialbetegnelser. Endel av disse er listeført i *Appendix 1* som også inneholder en oppstilling av de viktigste måleenheter i SI-systemet (Systeme International d'Unités), som er etablert av BIPM (Bureau International de Poids et Mesures – Det internasjonale kontor for mål og vekt). Systemet har vært brukt av skoler og universiteter i mange år. Det har gradvis vunnet innpass også i de nordiske land, Nederland, Storbritannia, Australia o.a.

For mere detaljert gjennomgåelse av respirasjonsorganenes struktur og funksjon, klassifisering av sykdom, virkning av innåndede substanser m.v. henvises leseren til listen over «Lesestoff» på side 41, særlig Nr. 4, 11, 14 og 15.

# DEL 2: LUNGEFUNKSJONS- UNDERSØKELSER

## 2.1 Målemetoder

### 2.1.1 Lungenes belgfunksjon

Ved å registrere en maksimal, forsert ekspirasjon kan lungenes belgfunksjon vurderes (FVC, FEV<sub>1</sub>, FEV%, FEF<sub>25-75%</sub>, PEF m.v.). Belgfunksjonen gir informasjon om lungenes og luftveienes egenskaper, om respirasjonsmuskle-nes styrke og om bevegeligheten av brystkassen. Redusert compliance (C) av lungevevet fører gjerne til liten vitalkapasitet (VC). Økt luftveismotstand resulterer i nedsatt FEV<sub>1</sub> fordi evnen til hurtig ekspirasjon reduseres. Samti- dig registrering av strømningshastighet og volum gir informasjon om forholdet mellom drivtrykk og luftveismotstand ved forskjellige lungevolum. Slike målinger krever avansert utstyr sammenlignet med det som behøves for å registrere en enkel volum/tid kurve.

Volum/tid kurven tillater målinger av FVC, FEV<sub>1</sub>, FEV% og FEF<sub>25-75%</sub> og egner seg som grunnlag for å vurdere lungefunksjonen hos arbeidstagere i industrien, både som ledd i helsekontrollen og i epidemiologiske undersøkel- ser. Hovedvekten i denne praktiske del av håndboken er derfor lagt på analyse av volum/tid kurver, supplert ved måling av PEF.

### 2.1.2 Mekaniske egenskaper

Undersøkelse av lungenes mekanikk inkluderer:

- målinger av lungevevets elastiske egenskaper, uttrykt enten som compli-  
ance (C) eller som det statiske tilbakefjæringstrykk. Dette trykk kan  
måles ved hjelp av en ballong i spiserøret. Endring av lungevolumet er  
ledsaget av endring av tilbakefjæringstrykket;
- måling av luftveisresistansen ( $R_{aw}$ ) ved hjelp av kroppspletysmograf og  
flowmåler (pneumotachograf). Målingen baseres på en lett kompresjon og  
dekompresjon av alveolluften ved inspirasjon og ekspirasjon, betinget av  
 $R_{aw}$ . Dersom alveolvolumet er kjent, beregnes  $R_{aw}$  ut fra forandringene i

- det totale kroppsvolum under respirasjonens to faser;
- måling av  $R_{aw}$  basert på det tilbaketrykk som oppstår når luftveiene  
utsettes for forserte oscillasjoner med en viss frekvens (ca. 6 Hz). Appara-  
tur for denne teknikk er nylig kommet på markedet, men metodens verdi  
er ennå ikke klarlagt.

Målinger av lungenes elastiske og mekaniske egenskaper kan bare finne  
sted ved spesiallaboratorier idet avansert utstyr og spesialkunnskaper er  
nødvendig. Slike målinger kan som regel ikke foretas i epidemiologiske  
undersøkelser eller praktisk yrkesmedisin.

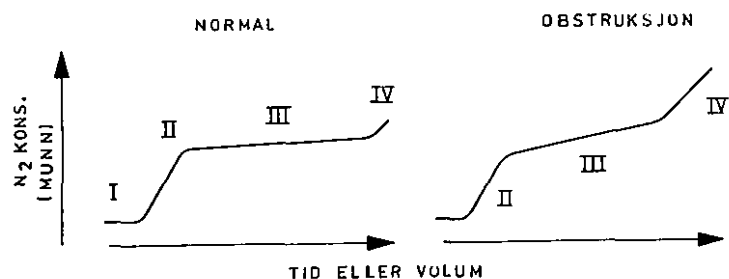
### 2.1.3 De små luftveiers funksjon

De tidligste forandringer ved kronisk obstruktiv lungesykdom finner sann-  
synligvis sted i de små luftveier (innvendig diameter mindre enn 2 mm).  
Fordi bare 15 – 20% av den totale  $R_{aw}$  skrives fra de små luftveier – mens  
mesteparten oppstår i de store, sentrale bronkier – kan en betydelig økning  
av  $R_{aw}$  finne sted i disse perifere bronkier uten at det nødvendigvis behøver å  
gi seg utslag i f.eks. FEV<sub>1</sub>. De siste år er et betydelig arbeide nedlagt i forsøk  
på å utvikle følsomme metoder egnet til å avsløre begynnende obstruksjon i  
de små luftveier på et tidspunkt da obstruksjonen antas å være reversibel.  
Slike metoder omfatter:

- målinger som baserer seg på analyse av den siste del av volum/tid  
kurven. Opprinnelig ble det antatt at dette ga god informasjon om de små  
luftveier. Senere har det imidlertid vist seg at det foreligger en betydelig  
fysiologisk spredning i denne del av kurven og at reproduserbarheten er  
dårlig;
- måling av compliance under ikke-statiske (dynamiske) betingelser, d.v.s.  
i løpet av flere inn- og utåndinger. Dynamisk compliance er avhengig av  
respirasjonsfrekvensen, og økt  $R_{aw}$  vil øke denne frekvensavhengighet.  
Selv om metoden teknisk er krevende, ansees den å være pålitelig for  
påvisning av perifer luftveisobstruksjon;
- målinger basert på flow/volum kurver hvor den laminære komponent av  
luftveismotstanden søkes skilt fra den turbulente. Mens turbulens er det  
dominerende flowmønster i de store luftveier, er strømningshastigheten  
for liten i de små luftveier til at turbulens kan oppstå.  
Man kan få inntrykk av den laminære (perifere) del av  $R_{aw}$  ved å  
sammenligne flow/volum kurver etter inhalasjon av gasser med for-  
skjellig tetthet, f.eks. luft og helium-oksygen. Apparaturløse slike må-  
linger er komplisert og metoden er ikke egnet til rutinebruk;
- måling av ujevn ventilasjon som er et dominerende trekk ved luftveisob-  
struksjon. Ujevn ventilasjon kan påvises på flere forskjellige måter, f.eks.  
ved utvaskningskurver av «inerte» gasser som helium og nitrogen. Re-  
gionale forskjeller i gassfordelingen i lungene kan også påvises ved  
inhalasjon av radioaktive gasser med påfølgende ekstern måling av  
strålingen. Nåværende metoder er lite egnet til bruk innen yrkesmedi-  
sinen;

- (e) måling av den ekspirerte nitrogenkonsentrasjon etter inhalasjon av 100% oksygen. Metoden ble opprinnelig brukt til å påvise ujevn ventilasjon, men er senere blitt anvendt også til bestemmelse av closing volume (CV) som av og til har vist seg å være av verdi. Selv om bestemmelse av CV kan være nyttig for å påvise perifer luftveisobstruksjon, er det ofte vanskelig å definere det eksakte punkt på kurven som angir lukning av de små luftveier. Nylig har derfor interessen vært rettet mer mot det «alveolære platå» eller den såkalte tredje fase (fase III) av kurven. Hellingen på fase III (Fig. 10) betraktes i økende grad som en følsom og relativt godt reproducerbar indeks på tidlig, perifer luftveisobstruksjon. Foreløpig er imidlertid bruken av testen begrenset fordi nitrogenmeteret er et ømtålelig instrument som bl.a. krever et nøyaktig høyvakuumsystem. Dersom mer robust og lettere transportabelt utstyr blir tilgjengelig, kan nitrogen-testen bli nyttig ved tidlig påvisning av sykdom i de små luftveier, også i bedriftshelsetjenestearbeidet.

FIG.10: EKSPIRERT NITROGENKURVE EFTER INNÅNDING AV 100% OKSYGEN



STIGNINGEN AV KURVEN I FASE III - DET ALVEOLERE PLATÅ - BENYTTES SOM INDEKS PÅ TIDLIG PERIFER LUFTVEISOBSTRUKSJON. OVERGANGEN FRA FASE III TIL FASE IV SVARER TIL LUKNINGSVOLUMET (CLOSING VOLUME-CV) OG KAN VÆRE VANSKELIG Å DEFINERE

### 2.1.4 Gassveksling

Ved spesialavdelinger og egnede laboratorier kan de forskjellige faktorer som innvirker på gassvekslingen, måles med avansert utstyr. I de senere år er også non-invasive - ublodige - metoder tatt i bruk for å studere særlige forhold ved gassvekslingen. Disse innbefatter:

- (a) målinger basert på det såkalte tilbakeåndingsprinsippet, d.v.s. en oksygenrik gassblanding re-inhaleres i et lukket system uten CO<sub>2</sub>-filter. CO<sub>2</sub>-innholdet i gassblandingen øker raskt inntil partialtrykket er tilnærmet lik trykket i venøst blod. Dette gjør det mulig å beregne den arterielle

CO<sub>2</sub>-tensjon. Ved samtidig bestemmelse av O<sub>2</sub>-innholdet i ekspirert luft fås et generelt mål for lungenes evne til gassveksling. Til denne undersøkelse finnes automatisert elektronisk utstyr. Bruken av dette er inntil videre begrenset til spesiallaboratorier;

- (b) målinger vesentlig basert på en enkelt innånding av en testgass («single breath»-teknikk), d.v.s. bestemmelse av den såkalte diffusjonskapasitet for karbonmonoksyd (også kalt «transfer factor»). Etter en dyp inspirasjon av en gassblanding som inneholder 10% helium og 0,2% karbonmonoksyd, holdes pusten i omtrent 10 sekunder. En del av den ekspirerte gassen oppsamles og analyseres for innhold av helium og CO. På grunnlag av gassanalysene kan CO-opptaket beregnes og gi et kvantitativt inntrykk av gassvekslingskapasiteten. Særlig ved pneumokoniose-undersøkelser har metoden vist seg å være nyttig. Ved luftveisobstruksjon er diffusjonskapasiteten vanligvis normal med mindre det foreligger emfysem. Denne metode vil være av praktisk verdi i yrkesmedisinen.

### 2.1.5 Bronkial reaktivitet

Ustabile eller hyper-reaktive luftveier er et vesentlig trekk ved astma, uansett etiologi. Hyper-reaktivitet innebærer at bronkospasme med påfølgende obstruksjon kan utløses av flere forskjellige stimuli: psykiske faktorer, fysisk anstrengelse, innånding av kald luft, eksposisjon for irriterende substanser m.v. Hyper-reaktivitet kan påvises ved inhalasjon av standarddoser av f.eks. histamin før og etter måling av belgfunksjonen. Selv om tendensen til labile luftveier muligens er genetisk bestemt, kan forbigående hyperreaktivitet påvises hos de aller fleste i forbindelse med en virusinfeksjon i luftveiene.

Provokasjonstester med histamin eller metakolin blir rutinemessig brukt i noen europeiske land. Hos astmatikere kan undersøkelsen gi informasjon om bronkialtreets reaksjonsmønster i øyeblikket. Det har vist seg at i praksis er undersøkelsen ikke særlig spesifikk. Den gir mange falsk-positive reaksjoner og tilrådes ikke brukt som screening-test ved bedriftshelseundersøkelser i industrien inntil det foreligger et anbefalt standardiseringsgrunnlag\*).

## 2.2 Enkle lungefunksjonsundersøkelser for bruk i bedriftshelsetjenesten

### 2.2.1 Apparat

De viktigste belgfunksjonsvariabler kan beregnes ut fra en forsert ekspirasjonskurve (volum/tid). Det mest praktiske og mest pålitelige instrument til dette formål er for øyeblikket tørrspirometere av belgtypen med innebygget skriver. Det er en fordel om spirometeret også er utstyrt med en elektronisk enhet til digital avlesning av verdiene. Uavhengig av, og i tillegg til spirometeret, må et enkelt instrument brukes for å måle peak flow (PEF).

Det er foretatt en sammenlignende undersøkelse av flere apparater tilgjen-

gelige på det internasjonale marked<sup>\*\*</sup>). Ut fra tekniske, praktiske og økonomiske overveielser synes det som om Vitalographspirometeret<sup>\*\*\*</sup>, med eller uten digitalt avlesningssystem, og Wright's peak flowmeter<sup>\*\*\*\*</sup> for tiden er best egnet til bruk i bedriftshelsetjenesten. Fremstillingen i denne håndbok baserer seg derfor – når det gjelder den praktiske gjennomføring av lungefunksjonsundersøkelser – på slikt utstyr. De fleste prinsipper og retningslinjer for spirometriske undersøkelser er imidlertid også gyldige for andre typer spirometere. En detaljert bruksanvisning for ethvert spirometer er forøvrig utarbeidet av produsenten og følger med instrumentet. Bruksanvisningen må være lett tilgjengelig for brukeren av apparatet.

Kalibrering av apparaturen er en forutsetning for å kunne sammenligne resultatene fra en undersøkelse til en annen, enten det gjelder gjentatte undersøkelser av de samme personer eller når måleresultatene skal vurderes i forhold til et såkalt referansemateriale. Vitalograph-spirometeret – heretter kalt vitalografen – er nøyaktig kalibrert av produsenten ved leveranse. Etter noen år kan imidlertid belgens elastiske egenskaper endres og spirometeret må derfor re-kalibreres med jevne mellomrom (ca. hvert 3. år). Til dette kreves spesielt kalibreringsutstyr som kan skaffes av instrumentets hovedleverandør i de fleste land. *Vanlig kalibreringsprøye kan ikke brukes.* I Norge kan vitalografer kalibreres ved Respirasjonsfysiologisk laboratorium, Lungeavdelingen, Rikshospitalet, Oslo. Wright's peak flowmeter kan bare kalibreres ved «prøve og feile»-metoden. Erfaringene har imidlertid vist at spenningen på returfjæren ikke forandres vesentlig selv ved langvarig bruk.

## 2.2.2 Forberedelser

Spirometeret må plasseres stødig i passende høyde slik at testen kan utføres i stående stilling. Justeringene av instrumentet til nullstilling må skje som anført i bruksanvisningen. Vær oppmerksom på at utgangsstillingen for vitalografens digitale avlesningsenhet er 0,05 når BTPS-verdier ønskes. Når apparatet er i bruk, må også forsterkningsgraden («gain») justeres annen hver time ved å sammenligne utslaget på skriveren med den digitale avlesning. Dette gjøres ved å fylle belgen med 4–6 liter luft og ikke ved bare å dra nålen fremover. I slike tilfelle blir ikke belgen deformert slik den vanligvis gjør når det pustes inn i spirometeret. Ifølge bruksanvisningen er denne deformering tatt hensyn til ved kalibreringsprosedyren.

Undersøkelsespersonens navn, kjønn, fødselsdato, høyde og vekt samt værelsestemperaturen og barometertrykket noteres. Instruktøren må forkla-

re forsøkspersonen den forestående prosedyre og at det er lungekapasiteten som skal testes. Det understrekes at lungene skal fylles helt med luft, at leppene må lukkes godt rundt munnstykket, og at utåndingen skal skje så kraftig og hurtig som mulig. Videre må det understrekes at ekspirasjonen skal fortsette inntil det gis beskjed om å stoppe. Dersom undersøkelsespersonen ikke har vært testet tidligere, kan det være nødvendig at instruktøren demonstrerer prosedyren på forhånd.

Påse at klærne ikke sitter stramt. Tannproteser fjernes dersom de sitter dårlig. Neseclippe er nødvendig hvis det foreligger ganespalte. Påse at nytt, rent éngangsmunnstykke er på plass.

Husk at spirometri gir pålitelige verdier bare dersom den undersøkte samarbeider helt ut med instruktøren og anstrenger seg til det ytterste for å oppnå maksimale verdier for lungevolum og luftstrømningshastighet. Intens, oppmuntrende heing fra instruktøren under selve ekspirasjonen er av største betydning.

## 2.2.3 Undersøkelsen

Vitalograf-testen bør gjøres før peak flow-undersøkelsen.

### (a) Vitalograf.

I bedriftshelseundersøkelser utføres vitalograf-testen ved å registrere flere forserte ekspirasjoner. Totalvolumet av den enkelte ekspirasjon er identisk med forsert vitalkapasitet (FVC). Når det foreligger sykdom i lunger og luftveier, er FVC ofte mindre enn den vanlige VC. Denne måles som en maksimal ekspirasjon (eller inspirasjon) uavhengig av tidsfaktoren. Ved screening av forutsetningsvis friske personer er FVC tilnærmet lik VC.

Forsøkspersonen fyller lungene maksimalt med luft (NB ikke fra spirometer!), fører deretter munnstykket hurtig til munnen og lukker leppene godt rundt slik at lekkasje ikke oppstår. Umiddelbart før instruktøren kommanderer «Blås!», trykkes utløserknappen på vitalografen inn. Under ekspirasjonen er det viktig å oppmuntre til full, kraftig og utholdende innsats slik at forsøkspersonen ikke avbryter ekspirasjonen før lungene er tømt maksimalt. Dersom registreringskurven fortsatt stiger når pennen nærmer seg kanten av registreringsarket, slippes utløserknappen midlertidig – inntil stigningen opphører –.

Mellom hvert forsøk bør forsøkspersonen hvile ett à to minutter. Tretthet er en viktig årsak til feilaktig måling.

Minst 3 «tilfredsstillende» forsøk skal være gjort før prøven avsluttes. «Tilfredsstillende» i denne forbindelse innebærer at instruktøren føler seg overbevist om at forsøkspersonen har forstått hva prøven går ut på og har ydet sitt beste. De enkelte registreringer skal ikke avvike mer enn ca. 10% fra hverandre hva FVC angår.

### (b) Peak flowmeter.

Ved måling av PEF presiseres det for forsøkspersonen at det fremfor alt gjelder å mobilisere full styrke helt i begynnelsen av den forserte ekspira-

\* En arbeidsgruppe innen Societas Europaeae Physiologicae Clinicae Respiratoriae (SEPCR) forbereder for tiden retningslinjer på disse områder (1980).

\*\* Undersøkelsene er foretatt på Rikshospitalets Lungeavdeling, Oslo.

\*\*\* Vitalograph Ltd., Maids Moreton House, Buckingham MK18 1SW, England

\*\*\*\* Airmed, Clement Clarke International Ltd., Edinburgh Way, Harlow, Essex CM20 2ED, England.

sjon, slik at den nesten får karakter av en «eksplosjon». Det er unødvendig å presse ekspirasjonen i langdrag, slik som ved vitalograffesten. Pass på at instrumentet nullstilles før hvert forsøk og hold øye med at nålen virkelig stopper på maksimalt utslag. Ved intens bruk av peak flowmeteret oppstår lett kondens, og dette kan føre til svikt i låsemekanismen.

Av minst 3 forsøk noteres de to høyeste avleste verdier.

#### 2.2.4 Utregning, presentasjon og kurvetyper

Ved bruk av digitalutstyr\*<sup>1</sup> må FVC, FEV<sub>1</sub> og FEV% noteres for hvert forsøk. Velg ut de to høyeste verdiene for FVC og regn ut det aritmetiske gjennomsnitt for denne og for de tilhørende verdier for FEV<sub>1</sub> og FEV% (lommekalkulator). Digitalutstyret kan kalibreres til å vise BTPS-verdier ved værelses-temperatur nær 20°C.

Når vitalografen brukes uten digitalutstyr\*<sup>1</sup>, hentes volumene fra registreringsarkets rutenett som ATPS-verdier. FEV% kan bestemmes ved hjelp av prosentlinjalen som følger med vitalografen. Linjalen kan også brukes til å bestemme punktene på kurven som svarer til 25%, henholdsvis 75% av FVC. Den midlere flow mellom disse to punkter finnes ved å benytte den transparent som er merket «Flow Calculator». Selv med digitalutstyr må FEF<sub>25-75%</sub>\*\*<sup>2</sup> utregnes på denne måte.

Alle verdier hentet ut fra registreringsarket (unntatt FEV%) konverteres til BTPS-verdier ved å bruke konversjonsfaktoren fra tabellen i *Appendix 2*. En grov, men akseptabel tilnærming til BTPS-verdier fås ved å multiplisere ATPS-verdien med faktoren 1,1 ved temperatur nær 20°C.

På peak flowmeteret tilsvarer skalaverdien liter/minutt angitt ved BTPS. Også nå beregnes gjennomsnittet av de to høyeste verdier.

De utregnede middelverdier betraktes som de endelige måleresultater og innføres på helsekortet. FVC og FEV<sub>1</sub> angis som liter (BTPS) med 2 desimaler, FEV% som helt tall, og FEF<sub>25-75%</sub> som liter/sekund (BTPS) med 1 desimal. PEF angis fortsatt som liter/minutt (uten desimaler). Resultatene bør også presenteres i prosent av forventet verdi basert på referansematerialet (se 2.3.3).

Eksempler på kurvetyper, utregning og presentasjon av spirometriske data er vist i *Appendix 3*.

\*<sup>1</sup> En Vitalograf-modell med prosessor og skriver er også utviklet og er markedsført i 1980.

\*\*<sup>2</sup> Tidligere betegnet som MMEF): Maximum Mid-Expiratory Flow.

## 2.3 Vurdering av spirometriske data

### 2.3.1 Variasjon

I en serie målinger, f.eks. av FVC, vil resultatene av biologiske grunner variere. Denne variasjon kan til en viss grad forutsies fra kjønn, alder og høyde. Også hos det enkelte individ vil det finnes systematiske forskjeller ved gjentatte målinger, f.eks. avhengig av arbeidsskift eller tiden på døgnet. Døgnvariasjonen er liten sammenlignet med f.eks. effekten av et måltid. Den viktigste variasjonen beror imidlertid på at instruktøren ikke stimulerer forsøkspersonen til maksimal innsats.

De målefeil som bl.a. de nevnte variasjonsfaktorer gir opphav til, kan reduseres ved å standardisere testprosedyren mest mulig i tillegg til omhyggelig kalibrering av apparaturen. Tross disse tiltak kan variasjon ikke helt unngås på grunn av forhold som er ukontrollerbare. Slik variasjon svarer til den såkalte tilfeldige målefeil eller eksperimentalfeil. Eksperimentalfeilene er mindre ved måling f.eks. av FVC enn av FEF<sub>25-75%</sub>. FVC måles således mer presist.

Når middelverdiene av gjentatte prøver benyttes rutinemessig, forbedres presisjonen. Når de to beste av tre forsøk velges som utregningsgrunnlag i spirometriske undersøkelser, er hensikten å redusere mest mulig den viktige systematiske feilkilde som representeres av en submaksimal innsats fra forsøkspersonens side.

Som nevnt er FVC hos friske personer avhengig av bl.a. kjønn, alder og høyde. I en gruppe menn som er like gamle og like høye, vil FVC likevel variere. Fordelingen av FVC i denne gruppe kan karakteriseres ved (i) gjennomsnittsverdien (den aritmetiske middelvei), og (ii) spredningen rundt denne verdi. Vanligvis angis spredning som standardavvik (SD Standard Deviation). Mange biologiske variabler, også lungevolum, er fordelt symmetrisk rundt middelverdien og representerer en tilnærmet normalfordeling (Gauss-kurve). Normalfordelingen innebærer at ca. 95% av observasjonene (FVC-verdiene) ligger innen  $\pm 2$  SD fra middelverdien.

### 2.3.2 Referanseverdier

For å vurdere spirometri-resultater behøves et sammenligningsgrunnlag. Det ideelle er å ha tilgjengelig resultater fra tidligere undersøkelser av samme individ, slik at en eventuell forandring av lungefunksjonen kan avsløres. Som regel kan imidlertid en persons verdier bare sammenlignes med resultater fra en gruppe friske personer, et såkalt referansemateriale. Det er avgjørende at referanseverdiene er basert på undersøkelse av ikke-selekterte persongrupper. Disse bør også være etnisk av samme opprinnelse som de personer som skal vurderes. Endelig bør undersøkelsesteknikken være den samme for begge grupper slik at verdiene er sammenlignbare.

De fleste europeiske referansematerialer fyller ikke disse elementære krav til kvalitet. Referanseverdiene bør for hvert land foreligge utarbeidet ved

laboratorier for klinisk respirasjonsfysiologi, og de må være epidemiologisk dokumentert.

Ved å ta hensyn til alder og høyde øker presisjonen i bruken av referanseverdier. Dette gjøres teknisk ved multipl (flerleddet) regresjonsanalyse. I tabellen i *Appendix 4* er gjengitt et eksempel på et sett norske referanseverdier. Verdiene er gyldige for innbyggere mellom 20 og 70 år i Oslo by, uten symptomer eller tegn på lungesykdom og med røykevaner som i befolkningen i sin alminnelighet. Da det ikke foreligger referanseverdier for landbefolkningen i Norge, bør Oslo-materialet inntil videre benyttes i norske yrkesmedisinske undersøkelser fremfor amerikanske, britiske eller andre europeiske referanseverdier. Foruten i tabellform kan de forventede verdier hensiktsmessig avleses ved hjelp av nomogrammer (*Appendix 5*). Ved å subtrahere 2 SD, fås den nedre grense av det nivå som 19 av 20 lungefriske personer vil ligge på.

### 2.3.3 Tolkning

Sensitiviteten av spirometri er ikke imponerende når en person testes for første gang. Selv om det tas hensyn til antropometriske faktorer, er det en viss spredning av verdiene. Det kan derfor ikke utelukkes at f.eks. en FVC på 90% av forventet verdi kan være uttrykk for restriktiv ventilasjonsinnskrenkning. Ved en enkelt undersøkelse må FVC imidlertid være lavere enn 70% av forventet før patologisk restriksjon kan diagnostiseres med rimelig sikkerhet. Lignende toleransegrenser gjelder for FEV<sub>1</sub> og PEF. FEF<sub>25-75%</sub> må ligge under 55% av den forventede verdi før den kan ansees patologisk.

Verdiene for de enkelte lungevolum bør sammenlignes ikke bare med tilsvarende referanseverdier, men også med hverandre innbyrdes. Særlig gjelder dette forholdet mellom FVC og FEV<sub>1</sub>, d.v.s. FEV%. Lave verdier av FEV<sub>1</sub>, FEF<sub>25-75%</sub> og PEF kan, selv om de ligger innenfor normalområdet, sammen med en større enn forventet FVC tyde på en obstruktiv ventilasjonsinnskrenkning. Luftveisobstruksjon er likeledes sannsynlig dersom FEV% er mindre enn 75% hos unge menn eller mindre enn 65% hos eldre menn.

Gjentatte undersøkelser øker sensitiviteten av spirometri vesentlig. Når en variabel, uttrykt som % forventet verdi, viser en liten, men systematisk reduksjon ved periodiske undersøkelser over et visst tidsrom, kan dette tyde på sykdomsprosesser i lungene. Dette gjelder selv om variabelen fortsatt er innenfor normalområdet.

### 2.3.4 Betydningen av patologiske funn

Undersøkelse av lungefunksjonen før en person ansettes i en industribedrift, kan sammen med anamnese og klinisk undersøkelse ha en viss prognostisk verdi selv om den prediktive betydning av slike undersøkelser ikke er fullt ut kjent. Spirometresultater som ligger under forventet verdi minus 2 SD, er ikke desto mindre entydige og indikerer høy risiko for luftveissykdom.

For at en person skal tillates å arbeide i forurenset luft, er det rimelig å kreve at hverken FEV<sub>1</sub>, FEF<sub>25-75%</sub> eller PEF ligger lavere enn 1 SD under forventet verdi.

Som tidligere nevnt må spirometriverdier som reduseres raskere enn forventet (d.v.s. i forhold til alderen), betraktes som patologiske selv om de fortsatt ligger innenfor normalområdet. I tillegg til utførlig medisinsk undersøkelse krever en slik utvikling en vurdering av arbeidsmiljøet. Det er vel kjent at kronisk luftveisobstruksjon oppstått på grunn av langvarig eksposisjon for forurenset luft, ikke behøver å gi kliniske symptomer før langt ut i forløpet, på et stadium da tilstanden er irreversibel (f.eks. sigarettøykerens kroniske, obstruktive bronkitt).

Også på arbeidsplassen er sigarettøyking den vesentligste kilde til luftforurensning, og røyking er utvilsomt den hyppigste årsak til kronisk obstruktiv lungesykdom. Selv vidtgående tekniske forbedringer av arbeidsmiljøet vil derfor ha begrenset verdi for arbeidstagere som fortsetter å røyke. I tillegg til den direkte skadelige virkning av tobakksrøyk løper røykere risiko for helseskade også når forurensningen av arbeidsluften er så moderat at den er uten påviselig effekt på ikke-røykeres luftveier og lunger.

For mer detaljert gjennomgåelse av lungenes funksjon og målemetoder, vurdering og tolking av spirometerdata, betydningen av patologiske funn i bedriftshelsetjenesten m.v. henvises leseren til listen over «Lesestoff» på side 41, særlig Nr. 3, 8, 10, 12 og 13.

# DEL 3: HELSEKONTROLL AV LUNGENE

Denne håndbok vedrører i første rekke respirasjonsorganenes fysiologi og patofysiologi samt metodikk for lungefunksjonsundersøkelser i industrien. Den tar ikke opp andre undersøkelser av luftveier og lunger. For oversiktens skyld nevnes imidlertid kort de viktigste elementer i tilknytning til generell undersøkelse av lungene i industrimiljø.

## 3.1 Undersøkelser ved ansettelse og senere

### 3.1.1 Journalkort

Et særlig journalkort for bruk ved helsekontroll av lungene kan være ønskelig i enkelte industrier med arbeidsmiljøforurensninger (støv, røyk, damp, gass m.v.). Journalkortet opprettes ved ansettelsen og benyttes også ved senere helsekontroller av lungene eller ved sykdom i respirasjonsorganene. I tillegg til rubrikker for identifikasjon og mulighet for koding, personalia, tidligere ansettelse (tidsrom) m.v., bør journalkortet også inneholde rubrikker for:

*anamnestiske opplysninger* om symptomer på luftveis/lungesykdom som kan gi grunnlag for å begrense eller fraråde arbeide i forurenset arbeidsluft. Personer med symptomer på kronisk luftveisinfeksjon eller allergi, som har støvlunge, tidligere er behandlet for tuberkulose, andre kroniske lungesykdommer eller kreft, bør vurderes nøye i hvert enkelt tilfelle. Personer med kombinert hjerte/lungesykdom bør ikke settes til fysisk anstrengende jobber – særlig ikke i tilknytning til eksposisjon for varme;

*yrkesanamnese* med opplysninger om ansettelsestid, tidligere eksposisjoner for støv, gasser m.v. Eksposisjonens natur og varighet bør bringes på det rene. Særlig gjelder dette eksposisjon for asbest, kvarts, nikkelforbindelser, løsemidler o.l., noe som kan føre til begrensnig, evt. utelukkelse fra arbeide f.eks. i elektrolysehaller, støperier m.v.;

*opplysninger* om røykevaner for bedre å kunne relatere tobakksbruk og

lungefunksjon, eventuelt også å kunne vurdere den potenserende effekt av tobakksrøyk og andre forurensninger (f.eks. asbest);

*kliniske funn* (inspeksjon, perkusjon, auskultasjon m.v.) som bør vurderes sammen med opplysninger om tidligere og nåværende luftveis/lungesyntomer (hoste, oppspytt, åndenød, piping m.v.);

*resultater av tidligere røntgenundersøkelser\** som bør bedømmes i forhold til arbeidsmiljø, yrkesanamnese, lungefunksjonsundersøkelser m.v.;

*resultatene av lungefunksjonsundersøkelser* foretatt rutinemessig ved ansettelsen og senere, f.eks. hvert 2.-3. år. I særlige tilfeller bør slike undersøkelser foretas hyppigere. Ved svært lave lungefunksjonsverdier bør det vurderes om en person bør tillates å arbeide der hvor det er nødvendig å bruke gassmaske;

*andre undersøkelser* som foretas ved enkelte bedrifter. Histamintesting på bronkial reaktivitet er nevnt tidligere og er av begrenset nytte (se 2.1.5, side 27). Undersøkelse av  $\alpha_1$ -antitrypsin (genetisk enzymologi) og sputum (cytologi for luftveiskreft) foretas også leilighetsvis. Ingen av disse metoder brukes for tiden rutinemessig idet de gir liten informasjon, er vanskelig å vurdere og er ressurskrevende.

Journalkortopplysninger er fortrolige og kommer under lovgivning og bestemmelser for personvern, kodebruk, data m.v.

### 3.1.2 Periodisk helseundersøkelser

Ved bedrifter med helsetjeneste er det vanlig å tilby de ansatte helseundersøkelser hvert eller hvert annet år etter ansettelsesundersøkelsen. Når det brukes særlige journalkort for luftveier/lunger, bør kortene – som nevnt – redigeres slik at resultatene også av periodiske helsekontroller kan innføres. Når et generelt helsekort anvendes, kan dette med fordel ha en særlig seksjon til opplysninger om luftveis/lungeforhold, inklusive resultatene av periodiske lungefunksjonsundersøkelser.

Den systematisering av opplysningene som muliggjøres ved bruk av et særlig journalkort for luftveier/lunger – eller en særlig seksjon for slike opplysninger i et generelt helsekort – gir et oversiktlig grunnlag for sammenligning av data på lengere sikt og for vurdering av faktorer som enkeltvis eller samlet kan ha påvirket lungefunksjonen (røyking, arbeidsluft, lungesykdom, alder m.v.). Systematiseringen vil også lette eventuell relatering av individuelle data og resultatene av yrkeshygieneiske målinger. Av omsyn til personverns-bestemmelser m.v. vil det være nødvendig at de enkelte undersøkte gis en kode eller et serienummer i slike studier såvel som i epidemiologiske undersøkelser.

\* Ved støvlungeundersøkelser bør røntgenfunn klassifiseres i henhold til ILO U/C International Classification of Radiographs of Pneumoconioses 1971; (Special Report (1970), UICC/Cincinnati Classification of the radiographic appearances of pneumoconiosis, Chest, 58, 57); eventuelt senere utgave.

## 3.2 Epidemiologiske undersøkelser

Mens periodiske helsekontrollundersøkelser i første rekke vedrører det enkelte individ, omfatter epidemiologiske undersøkelser utbredelsen av sykdom og mulige sykdomsfremkallende påvirkninger i en befolkningsgruppe.

Yrkesepidemiologien vurderer forholdet mellom sykdom/helse med sikte på å avdekke faktorer i arbeidsmiljøet som kan være årsak til eller som kan medvirke til patologiske tilstander. Epidemiologien er derfor en integrert del av yrkesmedisinsk diagnostikk og gjør det ønskelig at bedriftshelsepersonalet er såvel individ- som gruppe- (epidemiologisk) orientert.

Epidemiologiske metoder kan anvendes for belysning av kjente helse- og arbeidsmiljøforhold (f.eks. bly/blyforgiftning, kvarts/silikose) eller av ukjente, mulige eller mindre kjente helse- og arbeidsmiljøproblemer (f.eks. skiftarbeide/ulcus, kronisk bronkitt/luftforurensning).

Epidemiologiske undersøkelser av lungesykdommenes natur, forekomst og hyppighet vurderer den helserisiko som kan være forbundet med arbeidsmiljøeksposisjonen i forskjellige yrkesgrupper sammenlignet med ikke-eksponerte kontrollgrupper, og når det foreligger yrkeshygieniske resultater, søkes disse relatert til de aktuelle grupperes medisinske data.

Begrepene dose og dose-indikator, effekt og effekt-indikator, samt dose-effekt og dose-respons har opprinnelse i toksikologien, men har i utvidet betydning etterhvert funnet anvendelse også i epidemiologiske undersøkelser:

*Dose* er den konsentrasjon av et stoff på det sted i kroppen hvor effekten (se nedenfor) gjør seg gjeldende;

*Dose-indikator* er et indirekte mål for dosen idet denne i praksis ofte ikke kan måles direkte. Blant de viktigere dose-indikatorer ved støveksposering er: eksposisjonsgraden, eksponeringstiden og biologiske analyser av stoff i blod/urin;

*Effekt* er uønsket funksjonsforandring, symptomer, sykdom eller død som følge av eksposisjonen;

*Effekt-indikator* kan eksempelvis være symptom på sykdom på grunnlag av et standardisert spørreskjema, funksjonsundersøkelser (f.eks. lungefunksjon), data vedrørende sykdomshyppighet eller dødelighet;

*Dose-effekt* er forholdet mellom dosen og risikoen for de forskjellige effekter eller for intensiteten av en bestemt effekt (f.eks. graden av nedsatt lungefunksjon);

*Dose-respons* er forholdet mellom dosen og hyppigheten av en bestemt effekt. Om vi ønsker å forebygge denne effekt, kan doseresponsundersøkelser brukes for å vurdere hyppigheten av effekten ved forskjellige dose-nivåer. En sammenheng mellom dose og respons foreligger når en økende dose fører til en økende hyppighet av den omhandlede effekt.

Disse forhold kan som regel bare vurderes i planlagte særlige studier, f.eks. når det søkes opplysninger om «akutt-effekten» (se side 38 og Appendix 6).

For lungesykdommenes vedkommende må det erindres at disse sykdommer

generelt har tendens til å utvikle seg kronisk over mange år uavhengig av – eller i tilknytning til – yrket og arbeidsmiljøet. Dessuten kan lungesykdom debutere sent eller først bli diagnostisert etter at yrkesbetinget eksposisjon for irriterende stoffer i arbeidsmiljøet er opphørt. Videre kan lungesykdom – f.eks. astma – manifestere seg ved forskjellige aldre i forskjellige persongrupper; emfysem utvikler seg oftest hos eldre; lungekreft er langt hyppigere hos røykere enn hos ikke-røykere m.v.

### 3.2.1 Typer

For detaljerte opplysninger om planlegging og gjennomføring av epidemiologiske undersøkelser, formulering av arbeidshypoteser, nødvendig informasjon, datakilder, parametre for graden av effekt, epidemiologiske modeller, kvalitetsaspekter og validitet m.v. henvises leseren til standard tekstbøker<sup>9, 12</sup>. Her skal bare kort nevnes de vanlige metoder og parametere i epidemiologiske undersøkelser:

- (i) *Kohort-studier* («cohort studies»), oppfølgings- eller forløps-studier («follow-up studies») er langtidsstudier av en veldefinert gruppe med et bestemt antall individer (kohort, populasjon) – f.eks. ansatte i et gitt tidsrom – som følges fremover i tiden. Studiet kan være retrospektivt, d.v.s. eksponering og effekt har skjedd i fortiden, før undersøkelsen startet, men studiet er likevel fremadrettet. Studiet kan også være prospektivt ved kartlegging av eksposisjon og effekt i fremtiden. En kombinasjon av retrospektive og prospektive epidemiologiske studier er mulig (ambispektive studier). Kohort-studier belyser risikofaktorer og angir trenden (sykelighet, dødelighet) på lengere sikt på grunnlag av insidens-rater (se nedenfor).
- (ii) *Pasient-kontrollstudier* («case control», «case history», «case reference studies») undersøker retrospektivt eksponeringshyppigheten hos personer som har tegn på vedkommende sykdom og i en kontrollgruppe som ikke har slike tegn. Metoden benyttes ofte som første skritt for å orientere om sammenligning mellom mulig årsak og virkning. Den gir mindre opplysninger enn kohort-studier. Det kan lett fremkomme falske assosiasjoner. Den kan ikke gi opplysninger om parametre for graden av effekt (rater).
- (iii) *Tverrsnitts-studier* («Cross-section studies», «prevalence studies») vurderer effekten og eksposisjonen i en persongruppe på et gitt tidspunkt. Prevalens-rater (se nedenfor) gir liten mulighet for kartlegging av effekter med høy dødelighet eller der hvor eksponeringen endres p.g.a. akutte eller varige, kroniske effekter.

Helsemessige effekter måles ved hjelp av parametre som danner grunnlaget for den epidemiologisk-statistiske analyse av de innsamlede data. De viktigste mål av de helsemessige effekter er:

- (a) *Insidens-raten* («incidence rate») som angir antall tilfeller med en bestemt effekt i forhold til person-år;

- (b) *Kumulativ insidens-rate* («cumulative incidence rate») som angir den del av en persongruppe som utvikler bestemte symptomer innenfor et gitt tidsrom;
- (c) *Prevalens-rate* («prevalence rate») som angir tilfeller i forhold til det totale antall eksponerte på et gitt tidspunkt.

I epidemiologiske undersøkelser av sykelighet eller dødelighet kan problemutredning, problemstilling, valg av modell, innsamling av data, disses bearbeidelse, analyse, vurdering og utarbeidelse av rapport være tidkrevende. At det eventuelt ikke påvises sammenheng mellom antatt årsak og virkning innenfor vanlige statistiske konfidensgrenser kan være like viktig som det motsatte.

### 3.2.2 Målsetting

Det er vesentlig at undersøkelsens målsetting er klar. Nedenfor nevnes et eksempel fra den elektrometallurgiske industri hvor målsettingen i en epidemiologisk undersøkelse av luftveis/lungetilstander i aluminiumindustrien har vært beskrevet som følger:

#### UNDERSØKELSENS MÅLSETTING ER GENERELT

å skaffe tilveie informasjon om forekomst og hyppighet av lungesykdom blant de ansatte – i første rekke elektrolysehalloperatørene – for å vurdere behovet for vern og for tekniske tiltak for bedring av arbeidsmiljøet;

#### UNDERSØKELSENS MÅLSETTING ER SÆRLIG

- (a) å gjennomføre en basisundersøkelse (tverrsnittsstudie) bygget på bruk av et standard spørreskjema om luftveis/lungesyntomer og medisinske undersøkelser – inklusive lungefunksjonsmåling<sup>13)</sup> – hos forskjellige kategorier av eksponerte halloperatører i forhold til ikke-eksponerte, sammenlignbare kontroller;
- (b) å gjenta lignende oppfølgingsundersøkelser f.eks. hvert 3.–5. år for vurdering av de samme grupper og derved fremskaffe prospektive data i en epidemiologisk undersøkelse av risikoen for lungesykdom;
- (c) å relatere de innsamlede data til yrkeshygieneiske måleresultater – fremskaffet ved bruk av standardisert metodikk<sup>6)</sup> – slik at begge sett informasjoner kan vurderes i et langsiktig epidemiologisk program for helsekontroll av lungene;
- (d) å sammenfatte resultater og relevante tilrådinger i periodiske rapporter.

### 3.2.3 Prosedyrer

Basisundersøkelsen og de periodiske oppfølgingsundersøkelser forutsetter at det etableres en protokoll som – samtidig som undersøkelsens målsetting defineres – også presiserer de spørsmål som søkes besvart. Protokollen må være detaljert hva angår standardisering av kriterier, skjemaføring m.v.

*Intervju-undersøkelser.* – Slike undersøkelser og bruk av spørreskjemaer er blitt alminnelig i senere år. En intervjuer kan stille muntlige spørsmål på grunnlag av spørreskjemaet, eller skjemaet kan utfylles skriftlig av den enkelte person som inngår i undersøkelse. Intervju-undersøkelse og spørreskjemaer har vært benyttet i arbeidslivet for å få orientering om de ansattes oppfatning av eventuelle helseskader og deres egen vurdering av arbeidsmiljøets kvalitet. Eksempler på slike undersøkelser - hvor bl.a. luftveis/lungeproblematikken inngikk – er den svenske Landsorganisationens undersøkelse i 1970<sup>1)</sup>, og den tilsvarende LO-undersøkelsen i Norge i 1972<sup>7)</sup>.

Spørreskjemaer har også søkt å belyse arbeidsmiljø og luftveis/lungeproblematikken i orienterende undersøkelser ved bedrifter med få eller ingen tidligere systematiske opplysninger. – I *Appendix 6* er gjengitt et spørreskjema benyttet av Yrkeshygienisk Institutt i tverrsnittundersøkelser bl.a. om luftveis/lungesyntomer ved elektrometallurgiske verk. De ansattes egen vurdering av luftveis/lungesyntomatologien, inndelt i kvalitative grupper, settes her i relasjon til eksponeringsgraden for arbeidsmiljøforurensninger på grunnlag av kvantitative, yrkeshygieneiske måleresultater<sup>8)</sup>.

I langsiktige, medisinsk-epidemiologiske undersøkelser er det tilrådelig å bruke detaljerte, vel utprøvede spørreskjemaer underbygget av lang erfaring. «The Questionnaire on Respiratory Symptoms», Medical Research Council (MRC) England<sup>9)</sup>, er vel kjent og benyttes i mange land. Skjemaet foreligger på norsk som *Appendix 7* til denne håndbok.

*Kategorier av ansatte.* – Det inngår i epidemiologiske undersøkelser i industrimiljø å undersøke alle ansatte uavhengig av jobb, ansettelsens varighet m.v. på grunnlag av en standardisert klassifisering av forskjellige kategorier ansatte (hovedgrupper, undergrupper). Klassifiseringen bør i størst mulig utstrekning gruppere ansatte med éns arbeidsmiljøeksponering. Dette er ofte vanskelig, bl.a. fordi ansatte ofte utfører flere jobber, roterer eller lignende. Det bør da tas sikte på at grupperingene blir mest mulig representative for hovedbeskjeftigelsen og den tilhørende arbeidsmiljøeksponering, foruten at det tas hensyn til nødvendige statistiske og andre forutsetninger.

Et eksempel på klassifisering og kategorier av operatører i den primære aluminiumsindustrien er gjengitt i *Appendix 8*. Kategoriene er utarbeidet av Yrkeshygienisk Institutt og Aluminiumsindustriens Miljøsekretariat, og brukes for arbeidsmiljøovervåking og epidemiologiske undersøkelser på europeisk basis<sup>6, 13)</sup>. Hovedgrupperingene er obligatoriske, mens undergruppene kan suppleres etter behov.

<sup>1)</sup> G. Mowé: «Arbeids- og helseproblemer blant arbeidstakere i ovnshallene ved Norsk Hydro a.s., Karmøy Fabrikker. En 'doserrespons' undersøkelse. «Yrkeshygienisk Institutt, HD 694 76 09 22, 197.

<sup>2)</sup> En utvidet versjon av MRC's spørreskjema har nylig vært tilrådet for bruk i Fellesmarkedet og foreligger på flere sprog.

### 3.2.4 Kontrollgrupper

Etablering av egnede kontrollgrupper er et sentralt, men særdeles vanskelig ledd i epidemiologiske undersøkelser i industrien. Det ideale krav er at kontrollgruppen ikke skal skille seg fra målgruppen (kjønn, alder, høyde, vekt, røykevaner, samt etniske, geografiske, sosiale forhold m.v.) på annen måte enn hva angår arbeidsmiljøeksposisjonen. Tilnærmet kan dette som regel best oppfylles ved å benytte parvise kontroller («matching controls») enten av ikke-eksponerte arbeidstagere innen bedriften, eller av en ytre befolkningsgruppe. Bruk av totalbefolkningen som kontrollgruppe (f.eks. på landsbasis ved kreftundersøkelser) kan føre til usikre resultater på grunn av geografisk betingede og andre variasjoner. Fylkesvise oppgaver for by og landområder foreligger i Norge.<sup>2)</sup> Bare unntagelsesvis er det mulig å benytte det enkelte individ som sin egen kontroll. Forutsetningen er da at effekten av den aktuelle arbeidsmiljøfaktor ikke er langvarig og at den er fullstendig reversibel.

For mer detaljert gjennomgåelse av helsekontroll av lungene, målsetting, prosedyrer og metodikk i epidemiologiske og andre typer av undersøkelser m.v. henvises leseren til listen over «Lesestoff» på side 41, særlig Nr. 1, 2, 5, 6, 7, 9 og 12, samt til fotnoter på side 35 og 39.

## LESESTOFF

1. *Bolinder, E., Magnusson, E. & Nyrén L.*: «Risiker i jobbet. LO-enkäten. Medlemmarnas uppfattning om arbetsplatsens hälsorisker», Stockholm; Bokförlaget Prisma, 1970, s.
2. *Cancer Registry of Norway*: «Geographical Variations in Cancer Incidence in Norway 1966–1975», Landsforeningen mot Kreft, 1978, 87 s.
3. *Clark, T.J.H. & Godfrey, S.* (eds.): «Asthma», London; Chapman & Hall, 1977, 409 s.
4. *Cotes, J.E.*: «Lung Function -Assessment and Application in Medicine», (4th ed.), Oxford; Blackwell Scientific Publications, 1979, 605 s.
5. *International Primary Aluminium Institute (IPAI)*: «Health Protection in Primary Aluminium Production. Proceedings of a Seminar, Copenhagen, 28 – 30 June 1977», 158 s.
6. *Jahr, J. & Guthe, T.*: «The Health of Aluminium Smelter Operators. Surveillance of Fluorides», European Primary Aluminium Association (EPAA), Düsseldorf, 1979, 42 s.
7. *Karlsen, J.-E.*: «Arbeidsmiljø og arbeidsskader. En undersøkelse blant LO-medlemmer om helserisikoen på arbeidsplassen», LO's Informasjonskontor, Oslo, 1972, 72 s.
8. *Kilbom, Å.*: «Klinisk-fysiologiska undersökningsmetoder vid utredning av pneumoconios», Arbetarskyddsverket, Vetenskaplig skriftserie 1978:13.
9. *MacMahon, B. & Pugh, Th.F.*: «Epidemiology, Principles and Methods», Boston; Little, Brown and Company, 1970, 376 s.
10. *Parkes, W.R.*: «Occupational Lung Disorders», London; Butterworths, 1974, 528 s.
11. *Saunders, K.B.*: «Clinical Physiology of the Lung», Oxford; Blackwell Scientific Publications, 1977, 255 s.

12. *Schilling, R.S.F.*: «Occupational Health Practice. Epidemiological Considerations», London; Butterworths, 1973, 466 s.
13. *Vale, J.R. & Guthe, T.*: «The Health of Aluminium Smelter Operators Lung Function Assessment in the Surveillance of Respiratory Health. A Guide for Health Personnel», European Primary Aluminium Association (EPAA), Düsseldorf, 1979, 33 s.
14. *West, J.B.*: «Pulmonary Pathophysiology – The Essentials», Oxford; Blackwell Scientific Publications, 1977, 227 s.
15. *World Health Organization (WHO)*: «Chronic Cor Pulmonale», Report of an Expert Committee. Wld.Hlth.Org. Techn.Rep.Ser. 213, 1961, 35 s.

## Appendix 1:

### FORKORTELSER, SYMBOLER M.V.

#### A. – Generelt i lungemedisin

Forkortelse, symbol m.v.	Engelsk	Norsk
ATPS	Ambient temperature and pressure, saturated with water vapour	Omgivelsestemperatur og trykk, mettet med vanndamp
BTPS	Body temperature and pressure, saturated with water vapour	Legemstemperatur og trykk, mettet med vanndamp
C	Compliance	«Ettergivlighet»
CC	Closing capacity	Lukningskapasitet, eller det lungevolum hvorved en vesentlig del av de små luftveier antas å være lukket
CV	Closing volume	Lukningsvolum, eller lukningskapasitet minus residualvolum
ERV	Expiratory reserve volume	Ekspiratorisk reservevolum
FEF <sub>25-75%</sub>	Forced expiratory flow over the intermediate 50% of the vital capacity	Forsert ekspiratorisk flow over den midtre halvdel av vitalkapasiteten
FEV <sub>1</sub>	Forced expiratory volume in one second	Forsert ekspiratorisk volum i ett sekund
FEV%	FEV <sub>1</sub> expressed as a percentage of VC or FVC	FEV <sub>1</sub> uttrykt som prosent av VC eller FVC

FRC	Functional residual capacity	Funksjonell residualkapasitet
FVC	Forced vital capacity	Forsert vitalkapasitet
IC	Inspiratory capacity	Inspiratorisk kapasitet
MVV	Maximum voluntary ventilation	Maksimal voluntær ventilasjon
P <sub>B</sub>	Pressure, barometric	Barometertrykk
PEF	Peak expiratory flow	Toppstrømningshastighet
$\dot{Q}$	Quantity of blood per unit of time	Blodvolum pr. tidsenhet
R <sub>aw</sub>	Resistance in the airways	Resistans i luftveiene
RV	Residual volume	Residualvolum
SD	Standard deviation	Standardavvik
STPD	Standardized temperature (0 °C) and pressure (101.3 kPa), dry	Standardisert temperatur (0 °C) og trykk (101,3 kPa), tørr
TLC	Total lung capacity	Total lungekapasitet
T <sub>L</sub> CO	Transfer factor of the lung for carbon monoxide	Lungenes diffusjonskapasitet for CO
TV	Tidal volume	Tidevolum
VC	Vital capacity	Vitalkapasitet
V <sub>E</sub>	Volume, expired gas	Volum ekspirert gass
$\dot{V}$	Volume per unit of time, gas flow	Volum pr. tidsenhet, strømningshastighet

## B. – SI-systemet

SI-systemet (Système International) er basert på måleenhetene meter, kilogram og sekund (MKS) samt avledede enheter.

Basalenhetene er meter (lengde), kilogram (masse), sekund (tid), ampère (elektrisk strøm), kelvin (termodynamisk temperatur), mol (mengde av en substans) og candela (lysintensitet).

Avledede enheter innbefatter newton (kraft – kilogram meter sekund<sup>-1</sup>), pascal (trykk – newton meter<sup>-2</sup>), joule (arbeid – newton meter) og hertz (frekvens – sekund<sup>-1</sup>).

Endel enheter utenom SI-systemet godtas for bruk av praktiske grunner. Disse innbefatter dag, time, minutt, standardatmosfære og liter.

Enheter som derimot ikke tilrådes benyttet, innebefatter kalorier og gravitasjonsavhengige enheter som kilogram-kraft, dyn, bar, cm H<sub>2</sub>O og mmHg, som alle ventes å forsvinne innen få år.

### KONVERSJONSAKTORER

Kraft	1 N (newton)	10 <sup>5</sup> dyn
Trykk	1 kPa (kilopascal)	7,50 mm Hg 10,2 cmH <sub>2</sub> O 0,00987 standard atmos.
	1 standard atmosfære	101,325 kPa 760 mmHg 1033 cmH <sub>2</sub> O
Arbeide	1 J (joule)	0,102 kilopund meter 0,239 kalorier
Effekt	1 W (watt)	1 Js <sup>-1</sup>
Mengden av subs.	1 mmol oksygen	22,39 ml (STPD)
	1 mmol karbondioksyd	22,26 ml (STPD)

## Appendix 2:

### VOLUM-KONVERSJON FRA ATPS\* TIL BTPS\*

Omgivelsestemperatur °C	Konversjonsfaktor til BTPS
17	1,118
18	1,113
19	1,108
20	1,102
21	1,096
22	1,091
23	1,085
24	1,080
25	1,075
26	1,069
27	1,063
28	1,057
29	1,051
30	1,045
31	1,039
32	1,032
33	1,026
34	1,020
35	1,014

\*Se Appendix 1.

## Appendix 3:

### KURVETYPER, UTREGNING, PRESENTASJON

I det følgende vises eksempler på:

- (i) noen volum/tid-kurver med avlesning av FVC og FEV<sub>1</sub> samt beregning av FEV% og FEF<sub>25-75%</sub>;
- (ii) bruk av vitalografens digitale avlesningsutstyr når værelsetemperaturen overstiger 25°C;
- (iii) bruk av tabell (*Appendix 2*) for å konvertere fra ATPS- til BTPS-verdier;
- (iv) bruk av nomogrammene i *Appendix 5* (referanseverdier);
- (v) bruk av standardavvik (SD) (*Appendix 4*) for å finne nedre grense av «normalområdet» som grunnlag for vurdering av måleresultatene.

I bruksanvisningene for de forskjellige spirometre er det som regel gitt eksempler på utregninger av lungefunksjonsvariabler. I Vitalografens bruksanvisning er omtalt hvordan prosentlinjalen og «flow calculator» brukes. I punkt (i) nedenfor er det tatt utgangspunkt i vitalograf-arket, men beregningene er tenkt utført uten bruk av dette spirometers særlige hjelpemidler.

(i) Volum/tid-kurver, avlesning og beregning.

En mann på 30 år, 1,80 m høy, som blir testet i et rom hvor barometertrykket er 101 kPa\* og temperaturen 28°C, er benyttet som forsøksperson i samtlige eksempler nedenfor.

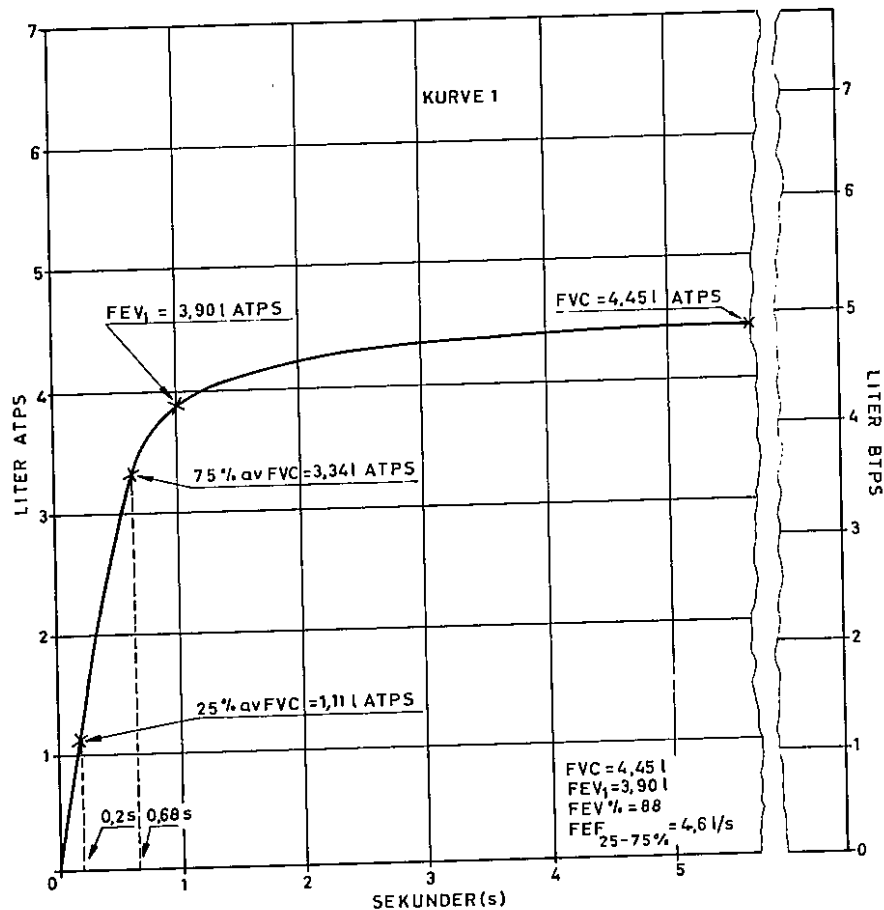
*Kurve type 1.*

Fordi ATPS-verdiene alltid er gyldige, uansett omgivelsestemperatur, benyttes den venstre (ATPS-) skalaen. BTPS-skalaen på høyre side angir korrekte verdier bare når temperaturen ligger nær 20°C.

Kurvens høyeste punkt tilsvarer FVC og avleses på ATPS-skalaen til 4,45 liter. FEV<sub>1</sub> er den verdi hvor kurven skjærer den loddrette linjen som markerer 1 sekund, i dette tilfelle 3,90 liter. FEV% er da  $100 \times 3,90/4,45 = 88$ .

\* Se Appendix 1.

For å bestemme  $FEF_{25-75\%}$ , som alltid er unøyaktig, beregnes (lommekalkulator) først 25% av FVC som er  $4,45 \times 25/100 = 1,11$  liter. På samme måte beregnes 75% av FVC til 3,34 liter. Fra hvert av de tilsvarende punkter på kurven trekkes så en loddrett linje ned på tidsaksen. Forskjellen i tid mellom de to punkter blir 0,48 sekunder. Den gjennomsnittlige strømningshastighet for den halvdel av FVC som ligger mellom 1,11 og 3,34 liter, er  $2,23 \text{ liter}/0,48 = 4,6 \text{ l/s}$ .

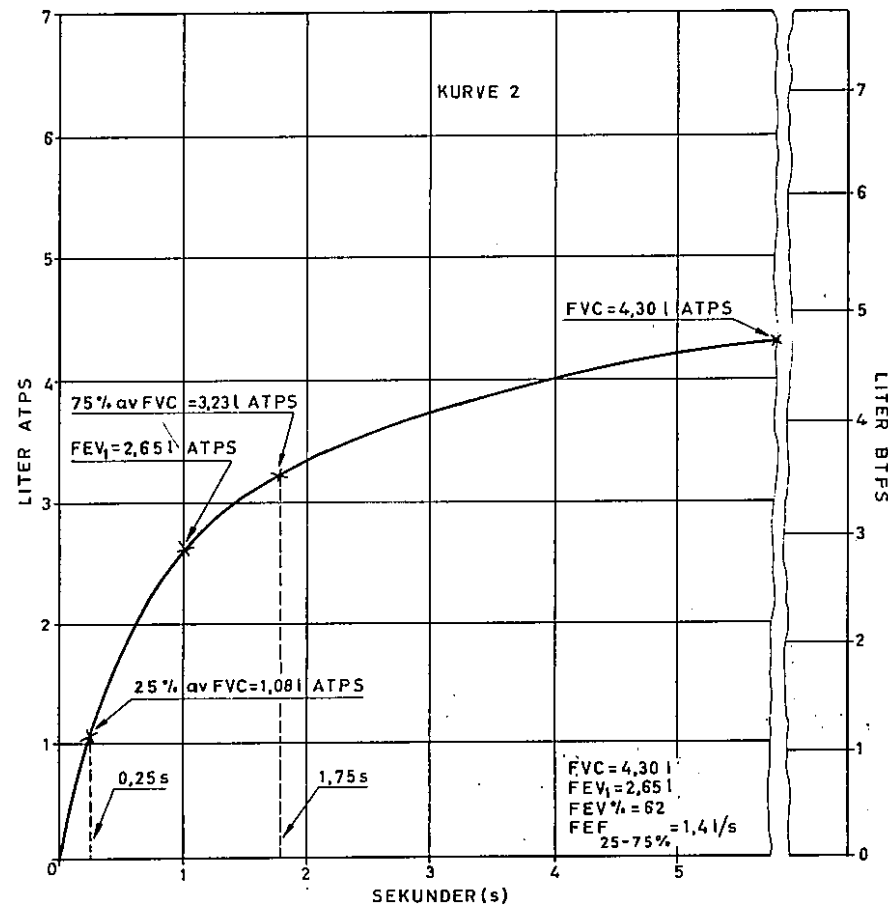


Se videre under punkt (iii) for konvertering til BTPS-vedier. Fordi de to beste av minst 3 forsøk brukes, lønner det seg å beregne middelverdiene ved ATPS og deretter konvertere disse til BTPS-verdi. Husk at hverken  $FEV\%$  - eller  $PEF$ -verdiene skal konverteres.

**Kurve type 2**

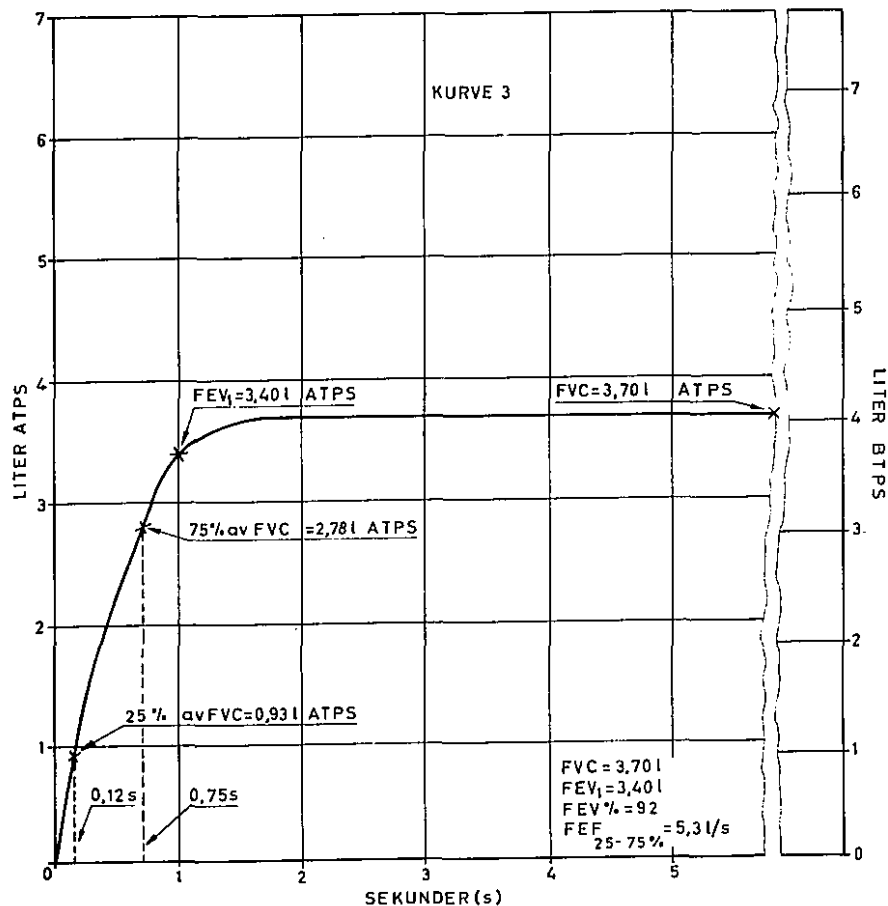
Ved å gjenta prosedyren fra kurve 1 finnes på kurve 2 FVC å være 4,30 liter.  $FEV_1$  er 2,65 liter.  $FEV\%$  blir da  $100 \times 2,65/4,30 = 62$ .

25% og 75% av FVC er henholdsvis 1,08 og 3,23 liter. Tiden som er gått med til å ekspirere 2,15 liter mellom disse to volum, er her 1,50 sekunder, slik at  $FEF_{25-75\%}$  i dette tilfelle blir  $2,15 \text{ liter}/1,5 \text{ s} = 1,4 \text{ l/s}$ .



**Kurve type 3**

På kurve 3 er FVC 3,70 liter,  $FEV_1$  3,40 liter,  $FEV\%$  92. Den halvdel av FVC som ligger mellom 0,93 og 2,78 liter, ekspireres i løpet av 0,35 sekunder, slik at  $FEF_{25-75\%}$  nå er  $1,85 \text{ liter}/0,35 \text{ s} = 5,3 \text{ l/s}$ .



(ii) Bruk av vitalografens avlesningsutstyr og værelsetemperatur. Ved værelsetemperatur mellom 15 og 25°C kan BTPS-verdiene avleses direkte fra vitalografens digitalenhet såfremt blankverdien er 0,05 og enheten forøvrig er justert slik som foreskrevet. I eksemplet som er valgt, med temperatur på 28°C, vil de avleste verdier bli for høye. Korrekte resultater oppnås nå ved å bruke ATPS-verdier som senere korrigeres ved å multiplisere de avleste verdier med konversjonsfaktoren for 28°C (se *Appendix 2*). Blankverdien på digitalenheten må da være endret til 0,04 og forsterkningen justert slik at den svarer til registreringskortets ATPS-skala (venstre side).

(iii) Bruk av tabell for konversjon ATPS/BTPS (*Appendix 2*). Når 3 tilfredsstillende forsøk er utført med både vitalograf og peakflowmeter og avlesningene er foretatt som beskrevet ovenfor, kan følgende verdier tenkes fremkommet (kurve 1):

Avlest eller beregnet verdi	Forsøk Nr. 1	Forsøk Nr. 2	Forsøk Nr. 3
FVC, l	4,45	4,30	4,53
FEV <sub>1</sub> , l	3,90	3,92	4,02
FEV%	88	91	89
FEF <sub>25-75%</sub> , l/s	4,6	4,8	4,1
PEF, l/min	560	580	590

For PEF-verdiene vedkommende forkastes forsøk Nr. 1, mens forsøk Nr. 2 utgår ved vitalograf testen.

Av de gjenværende resultater beregnes så den aritmetiske middelværdi for alle 5 variabler:

FVC, l	4,49
FEV <sub>1</sub> , l	3,96
FEV%	89
FEF <sub>25-75%</sub> , l/s	4,35
PEF, l/min	585

Ifølge konversjonstabellen i *Appendix 2* er omregningsfaktoren ved 28°C 1,057. Denne multipliseres med verdiene for FVC, FEV<sub>1</sub> og FEF<sub>25-75%</sub>. FEV% blir naturligvis uendret, likeledes PEF-verdiene som allerede er angitt ved BTPS-forhold.

De endelige resultater er derfor:

FVC, l	4,75
FEV <sub>1</sub> , l	4,19
FEV%	89
FEF <sub>25-75%</sub> , l/s	4,6
PEF, l/min	585

(iv) Bruk av nomogrammer (referanseverdier) (*Appendix 5*).

For å avgjøre hvordan de observerte verdier ligger i forhold til forventede, benyttes nomogrammene i *Appendix 5*. Forventningsverdien for FVC for en mann som er 30 år og 1,80 meter høy, fremkommer ved å legge en linjal som skjærer aldersøylen på 30 og høydesøylen på 1,80. Den avleste verdi for FVC blir da 5,77 liter. Ved å gjøre det samme med de andre variablene, fremkommer følgende tabell, hvor de observerte verdier også er uttrykt som prosent av forventet:

	Observert	Forventet	% av forventet
FVC, l	4,75	5,77	82
FEV <sub>1</sub> , l	4,19	4,77	88
FEV%	89	83	—
FEF <sub>25-75%</sub> , l/s	4,6	4,89	94
PEF, l/min	585	587	100

## Appendix 4:

### VENTILASJONS-VARIABLER (BTPS): KOEFFISIENTER FOR MULTIPLE, LINEÆRE REGRESJONS-LIGNINGER MED STANDARDVVIK (SD)<sup>\*)</sup>

	Alder (år)	Høyde (m)	Konstant	SD
FVC, l	- 0,029	7,40	- 6,68	0,63
FEV <sub>1</sub> , l	- 0,034	5,74	- 4,54	0,55
FEF <sub>25-75%</sub> , l/s	- 0,044	6,08	- 4,73	1,23
PEF, l/min	- 1,97	354	9	72
FVC, l	- 0,021	5,22	- 4,10	0,47
FEV <sub>1</sub> , l	- 0,027	3,29	- 1,22	0,40
FEF <sub>25-75%</sub> , l/s	- 0,051	0	5,41	0,84
PEF, l/min	- 2,04	274	59	55

<sup>\*)</sup> Gulsvik, A.: Obstructive Lung Disease in an Urban Population, Chapter 6. Spirometric variables. Precision of measurement and values in an asymptomatic population (Gulsvik, A., Johansen, B. & Vale, J.R.), s. 88 - 109, Dpt. Lung Dis., Rikshospitalet, Oslo University, Reprografisk Ind. a/s, Oslo 1979.

(v) Bruk av standardavvik (se også Appendix 4)

I den foregående tabell ligger både FVC og FEV<sub>1</sub> tydelig under forventede verdier. Den relativt høye FEV<sub>1</sub> i forhold til FVC (høy FEV%) indikerer imidlertid at bronkialobstruksjon ikke foreligger. Skal FVC betraktes som normal eller ikke? Tabellen i Appendix 4 viser at standardavviket (SD) for FVC er 0,63 liter. Nedre normalverdi defineres som nevnt tidligere som forventet verdi minus 2 SD, det vil si 5,77 liter - 1,26 liter = 4,51 liter. Den observerte verdi (4,75) ligger i nedre normalområde og skal derfor ikke betraktes som patologisk dersom andre tegn til lungesykdom ikke foreligger.

KURVE 1 må således ansees som normal. - Dette er ikke tilfelle for kurve 2 og 3. Ved registrering av flere forsøk og etter beregning av middelerdi og konvertering til BTPS-verdier, er følgende resultater tenkt fremkommet fra kurve 2:

	Observert	Forventet	% av forventet
FVC, l	4,55	5,77	79
FEV <sub>1</sub> , l	2,80	4,77	59
FEV%	62	83	-
FEF <sub>25-75%</sub> , l/s	1,5	4,89	31

Ifølge Appendix 4 er nedre grense for FVC fortsatt 4,51 liter, for FEV<sub>1</sub> 4,77 - 1,10 = 3,67 og for FEF<sub>25-75%</sub> 4,89 - 2,46 = 2,43 l/s.

Den observerte FVC ligger derfor såvidt innenfor normalområdet, mens både FEV<sub>1</sub> og FEF<sub>25-75%</sub> ligger betydelig under nedre grense.

KURVE 2 reflekterer således en obstruktiv ventilasjonsinnskrenkning. Denne skyldes enten bronkial astma, kronisk bronkitt, emfysem eller en kombinasjon av disse.

For kurve 3 er likeledes følgende verdier tenkt fremkommet:

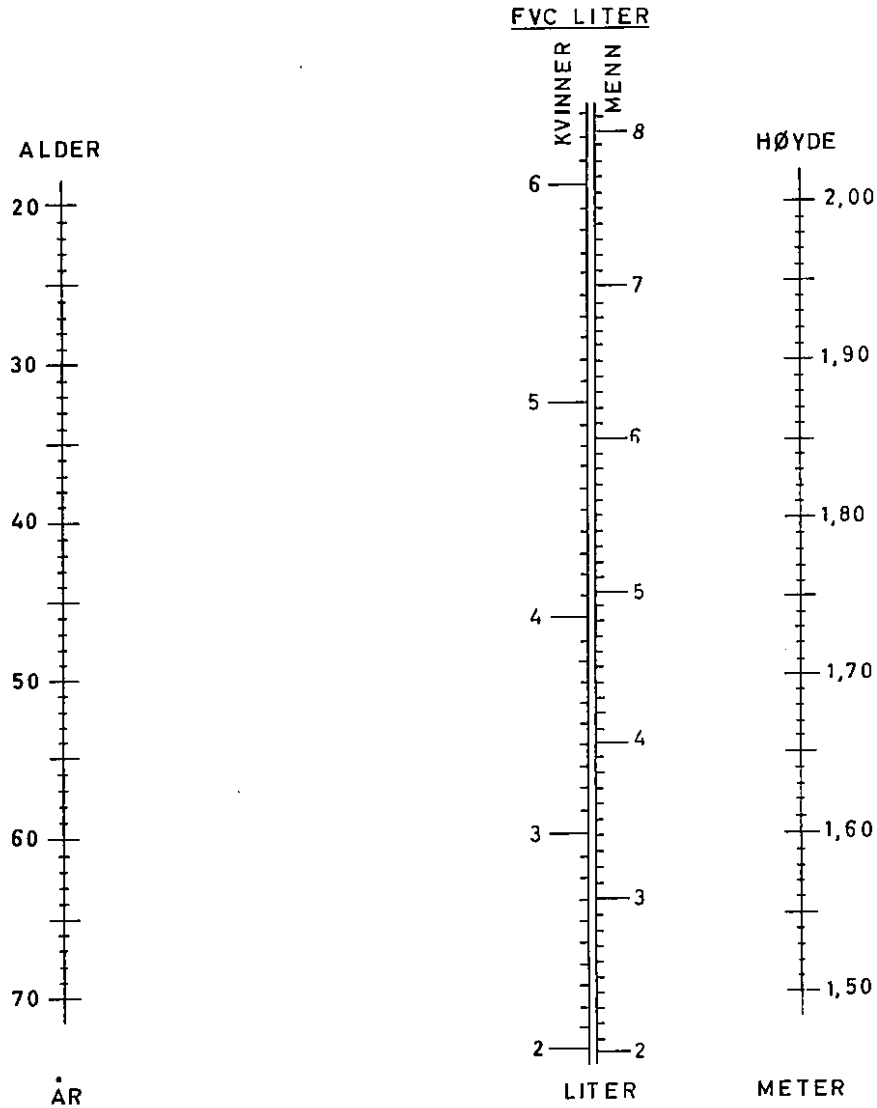
	Observert	Forventet	% av forventet
FVC, l	3,91	5,77	68
FEV <sub>1</sub> , l	3,59	4,77	75
FEV%	92	83	-
FEF <sub>25-75%</sub> , l/s	5,6	4,89	115

I dette tilfelle er FVC klart under nedre normalverdi, likeledes FEV<sub>1</sub>. Den høye FEV% tyder imidlertid ikke på bronkial obstruksjon, og den høyere enn forventet FEF<sub>25-75%</sub> tyder heller ikke på at bronkiens diameter er større enn normalt.

KURVE 3 er representativ for en restriktiv ventilasjonsinnskrenkning. Denne sees ved f.eks. lungefibrose uten samtidig bronkitt eller emfysem.

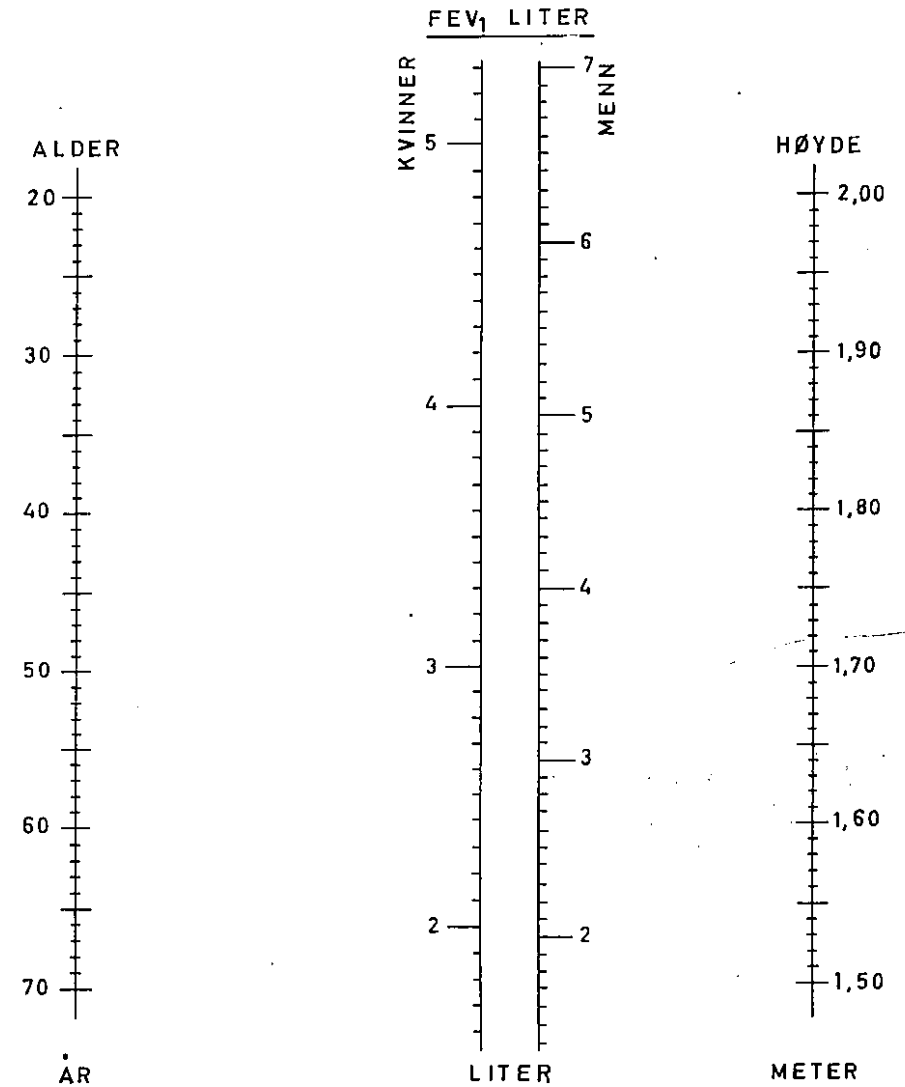
# Appendix 5:

I  
NOMOGRAM FVC  
FORVENTEDE VERDIER HOS MENN OG KVINNER  
BTPS



FVC = FORCED VITAL CAPACITY = FORSERT VITALKAPASITET

II  
NOMOGRAM FEV<sub>1</sub>  
FORVENTEDE VERDIER HOS MENN OG KVINNER  
BTPS



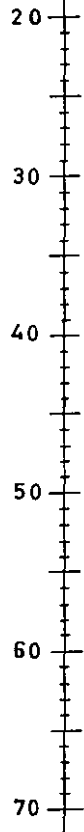
FEV<sub>1</sub> = FORCED EXPIRATORY VOLUME IN ONE SECOND =  
FORSERT EKSPIRATORISK VOLUM I ETT SEKUND

III  
 NOMOGRAM FEF  
 FORVENTED VERDIER HOS MENN  
 BTPS

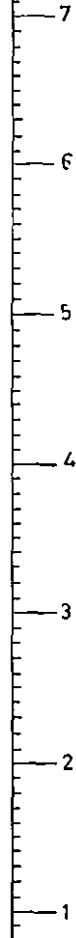
FEF LITER/SEK

MENN

ALDER

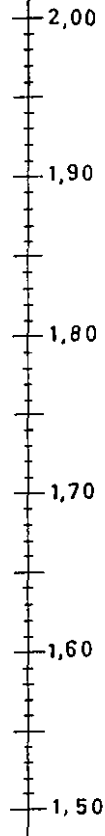


ÅR



LITER

HØYDE



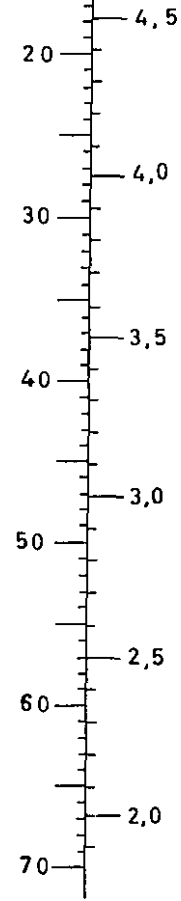
METER

FEF=FORCED EXPIRATORY FLOW<sub>25-75%</sub> = GJENNOMSNTTLIG  
 FORSERT STRØMNINGSFASTIGHET (FLOW) OVER  
 25-75% AV FVC

IV  
 NOMOGRAM FEF  
 FORVENTEDE VERDIER HOS KVINNER  
 BTPS

FEF LITER/SEK

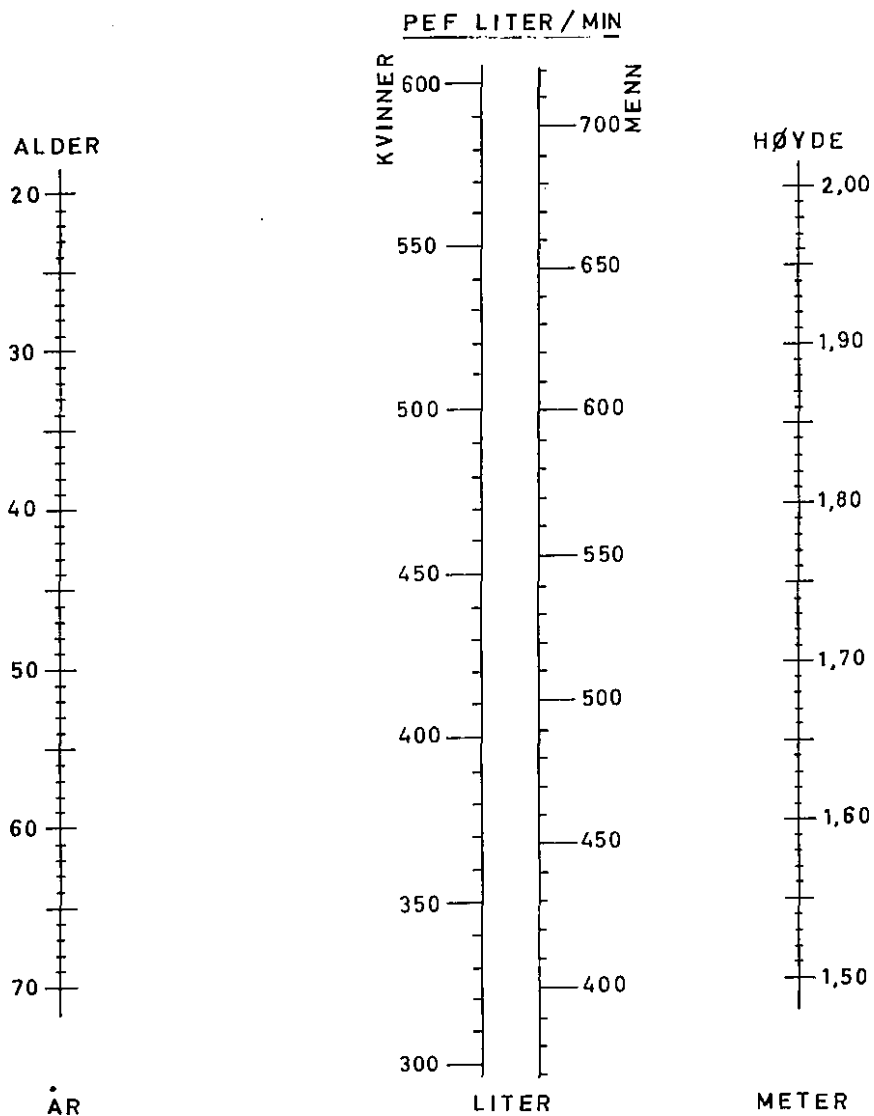
KVINNER



ALDER LITER

FEF=FORCED EXPIRATORY FLOW<sub>25-75%</sub> = GJENNOMSNTTLIG  
 FORSERT STRØMNINGSFASTIGHET (FLOW) OVER  
 25-75% AV FVC

V  
 NOMOGRAM PEF  
 FORVENTEDE VERDIER HOS MENN OG KVINNER  
 BTPS



PEF: PEAK EXPIRATORY FLOW = "PEAK FLOW"

## Appendix 6:

### HELSEUNDERSØKELSE

Undersøkelsen gjennomføres av Yrkeshygienisk Institutt (YHI). Vi er interessert i opplysninger og din vurdering av arbeidsmiljøet *DENNE* arbeidsdagen. Opplysningene vil bare bli vurdert av undertegnede som har taushetsplikt.

.....  
 lege, YHI

DATO: \_\_\_\_\_

NAVN: \_\_\_\_\_ FØDT: \_\_\_\_\_

Sett kryss i riktig svarrubrikk.

1.	HAR DU PÅ ARBEIDET IDAG VÆRT PLAGET AV-?	JA MEGET	JA LITT	NEI	SKRIV IKKE HER
	1. irritasjon, ubehag i halsen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	2. irritasjon, ubehag i nesen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	3. irritasjon, ubehag i øynene?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	4. tørrhoste?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	5. hoste med oppspytt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	6. tetthet i brystet?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	7. langvarig tung pust?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	8. korte anfall av tung pust?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	9. smerter i brystet?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	10. piping i brystet?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	11. hodepine?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	12. svimmelhet?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	13. tretthet, slapphet?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	14. Andre plager? (skriv hvilke) _____				<input type="checkbox"/>

2. HAR DU SIDEN DU GIKK FRA ARBEIDET IGÅR TIL DU BEGYNTE IDAG HATT NOEN AV DE PLAGER SOM ER NEVNT I SPØRSMÅL 1?  
 JA:  NEI:   
 HVIS JA, HVILKE PLAGER? \_\_\_\_\_

3. HVOR MEGET RØKER DU? (Sett kryss i riktig svarrubrikk)  
 RØKER IKKE, HAR ALDRI RØKT   
 RØKER IKKE, MEN HAR RØKT TIDLIGERE   
 Hvor lenge er det siden du sluttet? \_\_\_\_\_  
 RØKER MINDRE ENN 10 SIGARETTER PR. DAG   
 RØKER FRA 10-20 SIGARETTER PR. DAG   
 RØKER MERE ENN 20 SIGARETTER PR. DAG   
 Hvor lenge har du røkt? \_\_\_\_\_  
 Hvis du røker tobakk, angi forbruk i pakker pr. uke: \_\_\_\_\_

4. HAR DU PÅ ARBEIDET IDAG VÆRT UTSATT FOR-?	JA MEGET	JA LITT	NEI	SKRIV IKKE HER
1. støv?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. røyk?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. gass?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. høy temperatur?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. tørr luft?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. fuktig luft?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. trekk?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. ubehagelig lukt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. støy?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. vibrasjon - risting?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5. HAR DET FOREKOMMET SPESIELLE ARBEIDSMESSIGE PROBLEMER PÅ ARBEIDET IDAG? (UHELL, DRIFTSFORSTYRRELSER ETC.)  
 JA:  NEI:   
 HVIS JA, HVA SLAGS PROBLEMER? \_\_\_\_\_

6. SYNES DU DET PÅ ARBEIDET IDAG HAR VÆRT STOR BELASTNING PÅ DIN ARBEIDSPASS? F.EKS. TUNGT ARBEID, STERK VARME, HØYT TEMPO.  
 JA:  NEI:   
 HVIS JA, HVA SLAGS BELASTNINGER?

7. SYNES DU AT ARBEIDSTEMPOET IDAG HAR VÆRT-?  
 FOR HØYT:   
 PASSE:   
 FOR LAVT:

## Appendix 7:

### SPØRRESKJEMA - LUFTVEIS/ LUNGESYMPTOMER (1976)

#### Retningslinjer for intervjuere

Diagnosen «kronisk bronkitt» og andre lungesykdommer kan stilles i løpet av livet, men må da vesentlig baseres på subjektive symptomer. Det er imidlertid vel kjent at de symptomer en person vedkjenner seg, til en viss grad kan påvirkes av den ordlyd som spørsmålene har og av den person som stiller dem. Noen av disse vanskeligheter kan unngås ved å bruke dette spørreskjema som inneholder et sett av standardiserte spørsmål angående forekomsten av alminnelige luftveis/lungesyntomer. Hensikten med å fylle ut skjemaet er å få frem fakta og å unngå de feilkilder som skyldes ulik spørreteknikk.

#### Trening

Før undersøkelsen settes i gang, bør spørreskjemaet og retningslinjene nøye gjennomgås og eventuelle vanskeligheter diskuteres. Intervjuerne bør også anvende skjemaet på 10 eller flere forsøkspersoner (f.eks. sykehuspasienter) som i hvert fall har noen symptomer (siden det ikke er vanskelig å bruke skjemaet på personer som besvarer alle spørsmål med et klart Nei). Disse intervjuene bør enten overværes av en erfaren kollega, eller bedre, tas opp på bånd slik at feil og uklare punkter kan korrigeres eller belyses nærmere i ro og mak etterpå. Det foreligger også en serie med intervjuer (på engelsk) som er innspilt på bånd og som burde lyttes til hvis mulig. Disse båndopptakene er laget for å illustrere de vanskeligheter som oppstår når man skal interpretare svar på spørsmålene ved undersøkelser i «marken». Det finnes også en intervju-serie som en potensiell undersøger kan bruke for å sammenligne sine svar med de svar som ble oppnådd av den gruppe britiske undersøkere som er ansvarlig for båndopptakene.

### Generelle retningslinjer

Før man begynner å stille spørsmål, nå intervjuobjektene instrueres om å bare svare Ja eller Nei på hvert spørsmål. Den nøyaktige ordlyd bør brukes ved hvert spørsmål. I de fleste tilfeller vil dette føre til et klart Ja eller Nei som kan godtas og noteres i svarrubrikken. Av og til vil den man intervjuer være i tvil om hva som menes med spørsmålet, eller hvilket svar som passer best. Når dette inntreffer, må man gjøre et nytt forsøk. Gjentakelse av spørsmålet er vanligvis tilstrekkelig. Nedenfor er det gitt en rettleiding av hvordan man kan takle de mest alminnelige vaskeligheter. Dersom det etter en kort forklaring fortsatt hersker tvil om hvorvidt svaret bør være Ja eller Nei, bør man notere svaret som Nei.

### Notering av svar på spørsmålene

Spørreskjemaet er konstruert slik at svarene med letthet kan overføres til hullkort. De fleste spørsmål er av Ja-Nei typen og svarene på disse kan kodes direkte inn i rubrikkene. Instruksjoner for koding av svar må defineres av den som planlegger undersøkelsen, før denne settes ut i livet. Vanlig kode er: 1 = Ja, 2 = Nei, 8 = ikke relevant. Når svaret på et spørsmål er et tall, f.eks. antall sigaretter (spørsmål 16b.), kan tallet noteres direkte i svarrubrikken. Er spørsmålet av en mer «åpen» type, f.eks. yrke eller sigarettmerke, kan svaret skrives fullt ut og kodingen foretas senere. Ved noen undersøkelser kan man lage kodelister for disse faktorer før undersøkelsen begynner slik at svarene kan føres direkte inn i rubrikkene (f.eks. sivil status: 1 = ugift, 2 = gift, 3 = enke(mann), 4 = skilt, 5 = annen).

### Kommentarer til enkelte punkter

**Etnisk gruppe:** Disse bør defineres på forhånd idet luftveis/lungesyntomer til en viss grad har sammenheng med etnisk og kulturell bakgrunn.

**Yrke og industri:** Detaljer om yrke kan variere ved forskjellige undersøkelser og må defineres i en kodeliste før undersøkelsen settes i gang.

**Hoste og oppspytt:** Spørsmål 1: Tolk «hoste» i tilknytning til den første sigaretten eller når vedkommende går ut av huset. Utelukk et enkelt hark for å rense halsen eller et enkelt hostestøt.

Spørsmål 4: Tolk «oppspytt» i tilknytning til den første sigaretten eller når vedkommende går ut av huset. Utelukk neseseokresjon, men inkluder oppspytt fra brystet selv om dette svelges.

I de deler av verden hvor luftveis/lungesyntomer er meget alminnelige i andre årstider enn vinteren, innføres annen relevant sesongbetegnelse. Der hvor det ikke er sesong-variasjon i det hele tatt, utelukkes «om vinteren». Når nattskiftarbeidere intervjues, bør «om morgenen» erstattes av «når du står opp» i spørsmål 1 og 4.

Hva angår hoste om dagen i spørsmål 2, kan et tilfeldig hostestøt betraktes som normalt og svaret noteres som Nei. Det er umulig å definere «tilfeldig» på en nøyaktig måte. For å gi en grov pekepinn er det foreslått at enkeltstående

hostestøt som forekommer *mindre enn seks ganger daglig*, skal betraktes som «tilfeldige». På den annen side kan tilfeldig oppspytt fra brystet betraktes som unormalt dersom det forekommer *to eller flere ganger daglig*. Intervjueren kan benytte et hvilket som helst ord som passer med vanlig lokal ordbruk, forutsatt at det skjelner mellom oppspytt og vanlig neseseokresjon.

Noen personer innrømmer å ha oppspytt, men ikke hoste. Dette får godtas uten å forandre svarene på spørsmålene om hoste. Som nevnt tidligere, skal oppspytt fra brystet som svelges, regnes for et positivt svar.

I spørsmål 1, 2, 4 og 5 bør ordet «*vanligvis*» fremheves. Dersom ett av de første to spørsmålene om hoste (1-2) eller ett av dem om oppspytt (4-5), besvares med et klart Ja, stilles spørsmål 3 og 6 som bekreftende spørsmål. Spørsmål 3 og 6 må da stilles i den rekkefølge de er oppført i spørreskjemaet (som i Eksempel 1, spørsmål 4 og 5).

### Eksempel 1:

Sp.mål 4	Intervjuer:	Har du <i>vanligvis</i> oppspytt fra brystet om morgenen om vinteren?
	Svar:	Ja.
Sp.mål 5	Intervjuer:	Har du <i>vanligvis</i> oppspytt fra brystet i løpet av dagen – eller natten – om vinteren?
	Svar:	Ja, men bare lite grann.
Sp.mål 6	Intervjuer:	Har du slikt oppspytt fra brystet de fleste dagene så lenge som 3 måneder hvert år?
	Svar:	Nei, ikke så ofte som det.

Intervjueren bør notere svarene som følger: Spørsmål 4: Ja Spørsmål 5: Ja; Spørsmål 6: Nei.

Dersom det imidlertid gis et tvilsomt svar til spørsmål 1 og 2, eller 4 og 5 (f.eks. «Ja, noen ganger»), bør spørsmål 3 og 6 stilles umiddelbart som et sonderende spørsmål. Hvis svaret til det sonderende spørsmål er *Nei*, skal svaret til grunnspørsmålet også noteres som Nei. Dersom det etterfølgende spørsmål i samme gruppe besvares med et klart *Ja*, må det sonderende spørsmål gjentas (se Eksempel 2).

### Eksempel 2:

Sp.mål 1	Intervjuer:	Hoster du <i>vanligvis</i> om morgnen om vinteren?
	Svar:	Ja, av og til.
Sp.mål 3	Intervjuer:	Hoster du slik de fleste dagene så lenge som 3 måneder hvert år?
	Svar:	Å nei, ikke så ofte.
Sp.mål 2	Intervjuer:	Hoster du <i>vanligvis</i> om dagen – eller om natten – om vinteren?
	Svar:	Tja, av og til.
	Intervjuer:	Hoster du så mye som 6 ganger daglig?

Sp.mål 3 Svar: Ja, jeg tror mere enn det.  
 Intervjuer: Hoster du slik de fleste dagene så lenge som 3 måneder hvert år?  
 Svar: Vel, ikke hver dag.  
 Intervjuer: Hoster du flere dager enn du er helt fri for hoste?  
 Svar: Ja, det tror jeg nok.

Intervjueren noterer svarene som følger: Spørsmål 1: Nei Spørsmål 2: Ja; Spørsmål 3: Ja.

I spørsmål 7a. bør ordet «øket» kun benyttes for personer som allerede har innrømmet å ha noe hoste og oppspytt.

*Tungpustenhet:*

For å øke ensartetheten av undersøkelser som er foretatt på forskjellige årstider, bør spørsmålet om tungpustenhet forbindes med den årstid da åndenøden er mest uttalt. Om intervjuobjektet ikke kan gå (av andre grunner enn hjerte-lungesykdom) skal dette noteres.

*Piping:*

Hvis dette spørsmål ikke skulle bli forstått, kan det hjelpe om intervjueren demonstrerer lyden. Det gjøres ikke forskjell på dem som bare piper om dagen og dem som bare piper om natten. Ordet «astma» må ikke brukes.

*Bryttsykdom:*

Spørsmålet om «vanlige gjøremål» (11a) stilles for å unngå den tvetydighet man vet oppstår i forbindelse med overveielse av syketrygd dersom vedkommende blir spurt om sykdommer som vil kunne påvirke arbeidsevnen.

*Røyking:*

Spørsmål om røykevaner er vesentlig i alle undersøkelser som angår luftveis/lungesyntomer. Man må spørre spesielt om røykevanene i helgene fordi mange røyker mer, andre mindre i helgene enn i løpet av uken ellers. Dette må tas hensyn til for å kunne beregne det gjennomsnittlige tobakksforbruk i uken. De som røyker sigaretter, må også spørres om andre former for røyking. «Små» sigarer (sigarillos) er slike som har omtrent samme størrelse som sigaretter; alle sigarer som er større, bør klassifiseres som «andre». Tobakksmengden (for piperøyking eller for hjemmerullede sigaretter) må noteres på en måte som passer i undersøkelsen. I spørreskjemaet skal mengden angis i gram. 1 pakke tilsvare 50 gram tobakk.

En eks-røyker defineres som en person som har røkt så mye som 1 sigarett daglig (eller 1 stor sigar pr. uke, eller 1/2 pakke = 25 gram tobakk pr. måned) så lenge som 1 år og som -da intervjuet fant sted - ikke hadde røkt på minst 6 måneder.

*Lungefunksjonsprøver:*

Den eksakte fremgangsmåte kan variere med det spirometer som benyttes. Trening er nødvendig før undersøkelsen påbegynnes. De spirometriske lungefunksjonsvariabler bør inkludere forsert ekspiratorisk volum i det første sekund (FEV<sub>1</sub>) og forsert vitalkapasitet (FVC), beregnet på grunnlag av 5 på

hverandre følgende forsøk. De 2 første forsøkene betraktes som forberedende (treningsforsøk). Forsøkene fortsettes inntil 3 teknisk tilfredsstillende forsøk er oppnådd, hvorfra gjennomsnittsverdien kan beregnes. Værelsestemperaturen må måles og noteres for å få riktig korreksjon til BTPS-verdier. Barometertrykket må vanligvis kun tas hensyn til dersom undersøkelsen finner sted ved stor høyde over havet. Rutine for måling av høyde og vekt må etableres. Høyde må måles uten sko og avrundes nedover til nærmeste hele cm, og vekten registreres med lette klær og avrundes til nærmeste 0,1 kg nedover.

Maksimal strømningshastighet (peak expiratory flow - PEF) måles vanligvis med et separat instrument og behøver ikke temperaturkorreksjon. Den eksakte fremgangsmåte avhenger igjen av instrument-typen, men også her bør 2 øvelsesforsøk etterfølges av 3 teknisk tilfredsstillende forsøk.

*Videre informasjon om bruk av skjemaet.*

Det foreligger en separat brosjyre, spesielt beregnet for dem som planlegger og gjennomfører undersøkelsene, som gir videre opplysninger om utviklingen og bruk av skjemaet. Den komplette listen av hjelpemidler er som følger: - Spørreskjema - luftveis/lungesyntomer (1976) (foreligger på norsk)

- Retningslinjer for intervjuere (foreligger på norsk)

- Båndopptak av intervjuer (på kassettbånd, sammen med manuskript og kommentarer) (på engelsk) - Brosjyre om bruken av skjemaet, inkludert et utvalg av referanser (på engelsk)

- Litteratur om utviklingen og bruk av spørreskjemaer ved luftveis/lungesyntomer (på engelsk)

*Forespørsler kan rettes til:*

Publications Group, Medical Research Council  
 20 Park Crescent, London W1N 4AL, England.

eller til:

Lungeavdelingen  
 Rikshospitalet  
 Oslo 1.

SPØRRESKJEMA x)

LUFTVEIS/LUNGESYMPTOMER

Medical Research Council (MRC)'s  
Forskningsutvalg for kronisk bronkitt.

x) Dette spørreskjema er en oversettelse av Questionnaire on Respiratory Symptoms (1976), og er en revidert og forenklet utgave av et tidligere, lignende spørreskjema (1965).

SPØRRESKJEMA  
LUFTVEIS/LUNGESYMPTOMER

Bruksanvisningen må studeres nøye før skjemaet tas i bruk.

A. Etternavn : \_\_\_\_\_  
Fornavn-  
mellomnavn : \_\_\_\_\_  
Adresse : \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Kode/Serienummer | \_\_\_\_\_ |

Dag Mnd År Kjønn (M= 1, K= 2) | \_\_\_\_\_ |

Personnummer: | \_\_\_\_\_ | \_\_\_\_\_ |  
(11 siffer)

B. Tidligere etter- : \_\_\_\_\_  
navn (om for-  
skjellig fra A)

C. Privat lege:

Navn: \_\_\_\_\_ Adr.: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

D. Andre identifikasjonsopplysninger:

Sivil status | \_\_\_\_\_ |

Yrke | \_\_\_\_\_ |

Industri | \_\_\_\_\_ |

Etnisk gruppe | \_\_\_\_\_ |

Intervjuer | \_\_\_\_\_ |

Undersøkelsesdatum | \_\_\_\_\_ | \_\_\_\_\_ | \_\_\_\_\_ |  
Dag Mnd År

Ansettelsesdato i yrket ved nå-  
værende bedrift | \_\_\_\_\_ | \_\_\_\_\_ |  
Mnd År

Varighet av tidligere ansettelse i annen  
bedrift i samme yrke | \_\_\_\_\_ | \_\_\_\_\_ |  
Mnd År

Bruk den angitte ordlyd for hvert spørsmål. Benytt kun Ja = 1, Nei = 2 og andre anførte koder. Når det foreligger tvil anføres: Nei.

1 = Ja, 2 = Nei

Forhåndsmeddelelse.

Jeg skal nå stille deg noen spørsmål som hovedsakelig angår luftveiene, lungene og brystet. Du skal kun svare ja eller nei så langt det er mulig.

Hoste.

1. Hoster du vanligvis om morgenen om vinteren?
2. Hoster du vanligvis om dagen - eller om natten - om vinteren?

Hvis Ja til 1 eller 2

3. Hoster du slik de fleste dagene så lenge som 3 mdr hvert år?

Oppspytt.

4. Har du vanligvis oppspytt fra brystet om morgenen om vinteren?
5. Har du vanligvis oppspytt fra brystet i løpet av dagen - eller natten - om vinteren?

Hvis Ja til 4 eller 5

6. Har du slikt oppspytt fra brystet de fleste dagene så lenge som 3 måneder hvert år?

Perioder med hoste og oppspytt.

- 7a. Har du i løpet av de siste 3 år hatt en periode med (øket) hoste og oppspytt som har vart 3 uker eller mer?

Hvis Ja

- 7b. Har du hatt mer enn én slik periode?

Tungpustenhet.

Om vedkommende er ufør, og ikke kan gå av andre grunner enn hjerte-lungesykdom, hopp over spørsmål 8 og fyll i 1 her.

- 8a. Blir du tungpusten når du går hurtig på flatmark eller i svak oppoverbakke?

Hvis Ja

- 8b. Blir du tungpusten når du spaserer med jevnaldrende på flatmark?

Hvis Ja

- 8c. Må du stoppe på grunn av tung pust når du går i eget tempo på flatmark?

Piping.

- 9a. Piper det noen gang i brystet ditt?

Hvis Ja

- 9b. Forekommer dette de fleste dager - eller netter?

- 10a. Har du noen gang hatt anfall av åndenød samtidig med piping i brystet?

Hvis Ja

- 10b. Er/var pusten helt normal mellom anfallene?

Brystsykdommer.

- 11a. Har du i løpet av de siste 3 år hatt noen sykdom i brystet som har holdt deg borte fra dine vanlige gjøremål så lenge som 1 uke?

Hvis Ja

- 11b. Hadde du mere oppspytt enn vanlig i forbindelse med disse sykdommene?

Hvis Ja

- 11c. Har du hatt mer enn én slik sykdom i løpet av de siste 3 år?

Tidligere sykdommer.

Har du noen gang hatt:

- 12a. Skade eller operasjon i brystet?

- 12b. Hjertelidelse?

- 12c. Bronkitt?

- 12d. Lungebetennelse?

- 12e. Brysthinnebetennelse (pleuritt)?

- 12f. Lungetuberkulose?

- 12g. Astma?

- 12h. Andre sykdommer i brystet?

- 12i. Høysne?

Tobakksrøyking.

1 = Ja, 2 = Nei

13a. Røyker du

Hvis Nei

13b. Har du noen gang røkt så meget som 1 sigarett daglig/eller 1 sigar i uken/eller 25 g tobakk i måneden, så lenge som 1 år?

Hvis det svares Nei til begge deler av spørsmål 13, hopp over de øvrige spørsmål om røyking.

14a. Inhalerer/inhalerte du røyken?

Hvis Ja

14b. Tror du at du inhalerer/inhalerte røyken Overfladisk = 1, Middels = 2, eller Dypt = 3 ?

15. Hvor gammel var du da du begynte å røyke regelmessig?

16a. Røyker/røykte du ferdiglagede sigaretter?

Hvis Ja

16b. Hvor mange røyker/røykte du vanligvis pr. dag på virkedagene?

16c. Hvor mange pr. dag i helgene?

16d. Røyker/røykte du vanligvis sigaretter uten ( = 1) eller med ( = 2) filter?

16e. Hvilke merker røyker/røykte du vanligvis?

17a. Røyker/røykte du hjemmerullede sigaretter?

Hvis Ja

17b. Hvor mye tobakk røyker/røykte du vanligvis pr. uke på denne måten? (1 pakke = 50 g)

17c. Bruker/brukte du filter til disse sigarettene?

18a. Røyker/røykte du pipe?

Hvis Ja

18b. Hvor mye pipetobakk røyker/røykte du vanligvis pr. uke?

19a. Røyker/røykte du små sigarer, såkalte sigarillos?

Hvis Ja

19b. Hvor mange av disse røyker/røykte du pr. dag?

20a. Røyker/røykte du andre sigarer?

Hvis Ja

20b. Hvor mange av disse røyker/røykte du vanligvis pr. uke?

For nåværende røykere:

21a. Har du kuttet ned på røykingen det siste året?

For eks-røykere:

Når sluttet du sist å røyke?  Mnd  År

Belgfunksjonsprøver.

Stående høyde (m)

Vekt (kg)

Værelsetemp. (°C)

Barometertrykk (mm Hg)

Klokkeslett

Undersøker

Spirometer

Instrument-nummer

Før inn de observerte verdier for senere korrigerings til BTPS

Dersom tilleggsprøver utføres, må resultatet føres inn nedenfor rad 5. Stryk de prøver som blir erstattet.

FEV<sub>1</sub> (liter) FVC (liter)

Avlesning 1

2

3

4

5

Peak expiratory flow

Instrument-nummer

Dersom tilleggsprøver utføres, må resultatet føres inn nedenfor rad 5. Stryk de prøver som blir erstattet.

PEF (liter/min.)

Avlesning 1

2

3

4

5

Supplerende undersøkelser:

Røntgenundersøkelse (ILO klassifisering for pneumokonioser - se side 31 og fotnote)

Bronkial reaktivitet:

Blodprøver:

# Appendix 8:

## ARBEIDSKATEGORIER

Inddeling av operatører i grupper og undergrupper.

Kommentarer til gruppeinddeling.  
(Det er også mulig for de enkelte verk å foreta videre gruppeinddeling.)

Hovedavdeling	Undergrupper	Gruppe	Kommentar	
1. Elektrolyse	1.1. Kjøretøyooperatører	1.1.	Kjøretøyooperatører, inkl. kranførere og oksydkjørere.	
		1.2.	Ovnsoperatører, inkl. som vist i undergruppen, ovnsbejening, bolttrekkere/ anodevekslere, kryssløffere og tappere.	
	1.2. Ovnsoperatører	1.2.1.	Ovnsbejening	
		1.2.2.	Bolttrekkere/anodevekslere	1.4.
		1.2.3.	Kryssløffere	Inkl. gasskappeskiftfere, ovnsreparatører
		1.2.4.	Tappere	
		1.3.	Fornem	
		1.4.	Servicepersonell	1.9.
		1.9.	Andre	Andre, inkl. elektrolysestab utenom skiftformenn.
		2.1.	Gassrørensere	2.1.
2. Gassrensseanlegg	2.1. Gassrørensere	2.1.	Gassrørensere er personell som renser ovnsgassrør fra ovnen og frem til renseanlegg.	
		2.2.	Operatører i våtgass renseanlegg	
		2.3.	Operatører i tørr-renseanlegg	
		2.4.	Operatører i hallgass renseanlegg	
		2.9.	Andre	
3. Service og vedlikehold	3.1. Transportoperatører	3.1.		
		3.2.	Katoderivere	3.2. og 3.3
		3.3.	Operatører i katodeverksted	Katoderivere og operatører i katodeverksted, disse gruppene er inkl. uavhengig av om arbeidet finner sted i elektrolysehallen eller i spesielle verksteder.
		3.4.	Feiemaskinkjørere	
4. Kontrollgruppe	3.4. Operatører i diglerenseverksted	3.4.		
		3.9.	Inkl. bl.a. ryddepersonell utenom 3.4.	
Andre aktuelle grupper:				
5. Støperi	5.1. Støpeoperatører	5.1.	Støpeoperatører, inkl. operatører av blandeovner og støpeovner.	
		5.2.	Operatører av sager og freseanlegg	
		5.9.	Andre	
6. Anodeanlegg	6.1. Rensing av brukte anoder	6.1.	Andre, inkl. operatører av slagvaskeanlegg.	
		6.2.	Reparasjon av anodehengere	
		6.9.	Andre	
7. Massefabrikk	7.1. Kran- og truckførere	7.1.		
		7.9.	Andre	
8. Anodebakingsanlegg	8.1. Operatører av anodebrennovn.			