

Annalen
van
de Belgische Vereniging
voor
Stralingsbescherming

VOL. 5 N° 3-4

1980

Driemaandelijkse
uitgave

Publication
trimestrielle

Annales
de
l'Association Belge
de
Radioprotection

Hoofdredacteur

Dr M.H. FAES

Rédacteur en chef

S.C.K./C.E.N.
2400 Mol.

Redactiesecretariaat

Mme Cl. STIEVENART

Secrétaire de rédaction

14, rue Juliette Wytmansstraat,
1050 Bruxelles - Brussel.

INHOUD.

Dit nummer bevat de teksten van uiteenzettingen gedaan op 27 juni 1980 ter gelegenheid van een studiedag van de Belgische Vereniging voor Stralingsbescherming, gewijd aan de INDIVIDUELE ADEMHALINGSBESCHERMING IN RADIOACTIEVE OMGEVING.

SOMMAIRE.

Ce numéro contient les textes des exposés faits le 27 juin 1980, lors de la journée d'étude organisée par l'Association Belge de Radioprotection, consacrée à la

PROTECTION RESPIRATOIRE INDIVIDUELLE EN MILIEU RADIOACTIF.

- R. NUYTS :

Belgische reglementering inzake individuele ademhalingsbescherming in radioactief arbeidsmilieu. 125 - 136

- R. MARCELLE :

Mécanique cardio-respiratoire au cours de la respiration par respirateurs autonomes. 137 - 142

- J. SARBACH :

Réglementation relative à la mise en oeuvre des appareils de protection des voies respiratoires et des vêtements de protection contre la contamination. 143 - 158

- C. ARNOULD :

La surveillance médicale du personnel travaillant en vêtement ventilé. Expérience d'un médecin du travail CEA (France). 159 - 167

- J.C. EVANS :

The pressurised suit and some considerations leading to the development of physiologically safe working conditions. 169 - 190

- R.W. SANDERSE :

Stralingscontrole ervaringen met druppakwerkzaamheden te Petten. 191 - 194

- J.J.E. ALDERHOUT :

Keuze en onderhoud van persoonlijke ademhalingsbeschermingsmiddelen bij Eurochemic. 195 - 196.

BELGISCHE REGLEMENTERING INZAKE INDIVIDUELE ADEMHALINGSBESCHERMING IN
RADIOACTIEF ARBEIDSMILIEU.

ir. R. NJYTS
Inspecteur-generaal
Technische Inspectie
Administratie van de arbeidsveiligheid
juni 1980

Abstracts.

Na een overzicht van de bronnen van de Belgische reglementering ter zake, wordt het onderwerp behandeld vanuit vier aspecten :

- wanneer dienen individuele ademhalingsbeschermingstoestellen te worden gebruikt;
- van welke aard dienen deze naargelang het geval te zijn;
- aan welke eisen moeten die beschermingsmiddelen voldoen;
- welke voorzorgsmaatregelen dienen genomen ten aanzien van en door de gebruikers van deze toestellen?

Tot besluit wordt de relativiteit van het belang van de reglementering onderstreept.

Inleiding.

De Belgische reglementering ter zake is vervat in twee hoofdbronnen :

- 1) het algemeen reglement op de bescherming van de bevolking en van de werknemers tegen het gevaar van de ioniserende stralingen (K.B. 28.2.1963, gewijzigd bij verschillende koninklijke besluiten, waarvan het laatste op 24.5.1977);
- 2) het algemeen reglement voor de arbeidsbescherming (goedgekeurd bij de besluiten van de Regent van 11.2.1946 en 27.9.1947, en door talrijke koninklijke besluiten gewijzigd en aangevuld);

en de volgende nevenbronnen :

- 3) het ministerieel besluit van 11.9.1961 tot vaststelling van de aannemingsvoorwaarden van de ademhalingsstoestellen waarvan het gebruik is voorgeschreven door het algemeen reglement voor de arbeidsbescherming (gewijzigd bij verschillende ministeriële besluiten waarvan het laatste op 19 december 1975);
- 4) de lijst der erkende ademhalingsstoestellen gepubliceerd in de bijlagen van het A.R.A.B.;
- 5) de Belgische norm NBN 440 van 1964, met addendum in 1977, betreffende ademhalingsstoestellen als reddings- en brandweermaterieel, in herziening, en de ontwerp-norm NBN S 21-032 reddings- en brandweermaterieel - onafhankelijk autonoom ademhalingsapparaat met open kringloop, waarvan het openbaar onderzoek in maart 1980 werd afgesloten.

De niet-naleving van de reglementaire bepalingen kan leiden tot strafrechterlijke vervolgingen voor de correctionele rechtbank. Bij ongevallen, waar betrokkenen ter verantwoording kunnen worden geroepen op basis van het burgerlijk wetboek of het strafwetboek, kan de niet-naleving van de reglementaire bepalingen eveneens een rol spelen.

Daar waar de reglementering zich, zoals in vele gevallen, in algemene principiële termen uitdrukt, moet verondersteld worden dat kan of moet worden teruggegrepen tot normen of ander betrouwbare documenten of werken, om uit te maken welke de goede praktijk terzake is en dus gebeurlijk om na te gaan of voor strafrechterlijke vervolgingen moet worden gevreesd.

Het onderwerp kan worden benaderd vanuit de vier volgende praktische aspecten :

- A. wanneer dienen individuele ademhalingsbeschermingstoestellen te worden gebruikt;
- B. van welke aard dienen deze naargelang het geval te zijn;
- C. aan welke eisen moeten die beschermingsmiddelen voldoen;
- D. welke voorzorgsmaatregelen dienen genomen ten aanzien van en door de gebruikers van deze toestellen?

De omvangrijke reglementering met betrekking tot het medische toezicht op de werknemers wordt hier volledig ter zijde gelaten.

Om in concrete werksituaties op elk van die vragen het gepast antwoord te vinden, stelt de reglementering voorop dat de veiligheidsdienst en/of de dienst voor fysieke controle, de arbeidsgeneeskundige dienst, het comité voor V.G.V. en soms een erkend controleorganisme, daarbij een essentiële taak hebben.

Op meerdere plaatsen in de reglementering zijn de opdrachten van deze verschillende organen uitvoerig omschreven. Sommige van die opdrachten slaan zonder enige twijfel op de zo pas gestelde problemen (art.23 van het algemeen reglement op de bescherming tegen het gevaar van de ioniserende stralingen, art. 54 quater, art. 147 septies, art.835 en art. 837 van het A.R.A.B.).

Behoudens een reeks duidelijk in acht te nemen regels, gaat de reglementering er van uit dat die organen en uiteraard de personen die er deel van uitmaken over de nodige middelen en de nodige deskundigheid beschikken om daarover een oordeelkundige keuze te doen.

Er bestaat op reglementair plan een duidelijke tendens, ervan af te zien alles nauwkeurig te willen reglementeren op technisch vlak, om meer en meer beroep te doen op deskundigen daar waar de werkzaamheden plaats hebben, teneinde maximaal rekening te kunnen houden met de plaatselijke situatie. Die deskundigen worden er daarbij bovendien toe aangezet zich naar de bestaande technische literatuur, normalisatiewerk^{en}z., te richten. Hierbij kunnen ook buitenlandse normen van interesse zijn (DIN 3181 - 3183 - ontwerp 477; AFNOR NF S 761C1-762C1).

Behalve voor een typisch geval wordt op die opdrachten hier niet ingegaan.

Wanneer dienen individuele ademhalingsbeschermingstoestellen te worden gebruikt?

In het algemeen reglement voor de arbeidsbescherming geldt als algemeen beginsel in de eerste plaats dat steeds zoveel mogelijk dient getracht materiële maatregelen te nemen, zodat de werko^ostandigheden veilig en hygiësch kunnen gebeuren zonder dat het gebruik van individuele beschermingsmiddelen nodig is.

Bij radioactieve risico's dient dus in eerste instantie gestreefd naar het beletten van de verspreiding van radioactieve stoffen, het vooraf zuiveren van de te betreden besmette omgeving door verluchting, stofopzuiging, spoeling, enz., enz.

Bijzonder veel reglementaire bepalingen handelen over de verplichtingen van de werkgevers om maatregelen te nemen tot het verzekeren van een passende werkatmosfeer (verluchting, verwarming, algemene zindelijkheid enz., enz.) en tot bestrijding van hinder door bezoedeling van de werkplaatsen door stof, gassen, dampen, enz.

Het artikel 148 decies van het A.R.A.B. waarin daarover uitvoerig sprake is, besluit met te zeggen dat indien de technische middelen voor de uitschakeling van de hinder ontoereikend of onafdoend is, de werknemers een ademhalingstoestel van het gepaste type dienen te dragen dat hun ter beschikking wordt gesteld door de werkgever.

Art. 53 van het A.R.A.B. omschrijft bij werkzaamheden in plaatsen waar gevaarlijke gassen kunnen voorhanden zijn, naargelang de grootte van de risico's van gasontsnapping en de mogelijke omvang ervan, welke maatregelen dienen te worden genomen en wanneer ademhalingstoestellen dienen te worden gebruikt. Hierbij wordt evenwel nog in betrekkelijk algemene termen gesproken. Dit artikel is zonder twijfel van toepassing in radioactief milieu waar zulke gassen voorhanden kunnen zijn.

Art. 151 van het A.R.A.B. schrijft voor dat de werknemers tewerkgesteld aan werkzaamheden waaraan vergiftigings- of besmettingsrisico's verbonden zijn beschermingskledij dienen te dragen.

Art. 155 zegt dat een ademhalingstoestel van geschikt type moet worden ter beschikking gesteld van de werknemers die blootgesteld zijn aan het opdoen van intoxicaties of van aandoeningen der ademhalingsorganen door het inademen van schadelijk stof, gas, rook of nevels.

Art. 156 omschrijft enigszins de aard van de individuele beschermingsmiddelen ter bescherming tegen de uitstralingen van radioactieve stoffen en citeert daarbij ondermeer dat ademhalingstoestellen ter beschikking dienen te worden gesteld van de werknemers indien ze radioactieve stoffen, gas, damp of rook moeten inademen.

Art. 625 van het A.R.A.B. met betrekking tot onderzoekingen en herstellingen van houders en tanks voor ontvlambare vloeistoffen, bepaalt dat indien het volstrekt noodzakelijk is dat in de vergaarbakken of tanks moet worden binnengedrongen vooraleer de dampen en bezinkingen, die aanleiding kunnen geven tot die dampen volkomen zijn verwijderd, de werknemers een ademhalingstoestel moeten dragen.

Art. 20.1 van het algemeen reglement op de bescherming tegen het gevaar van de ioniserende stralingen stelt dat de blootstelling van de werknemers zo zwak mogelijk moet zijn, dat het aantal blootgestelde werknemers zo beperkt mogelijk moet zijn en dat onontbeerlijke maatregelen moeten worden getroffen om het innemen, inademen of elke niet gecontroleerde indringing van radioactieve stoffen in het lichaam alsook rechtstreeks contact van het lichaam met die stoffen te voorkomen.

In dit kader gelden zeker als waardevolle beoordelingscriteria voor het bepalen wanneer ademhalingstoestellen dienen te worden gebruikt, de de maximaal toelaatbare doses en misschien meer nog de MTC waarden voor lucht.

Van welke aard dienen deze ademhalingstoestellen naargelang het geval te zijn ?

Wij onderscheiden hier :

- filtermaskers;
- maskers en hoofdhulsels met luchttoevoer;
- onafhankelijke maskers en hoofdhulsels;
- bijzonder beschermingskledij en onder meer drukpakken.

In vele gevallen geven de reglementaire bepalingen geen rechtstreeks antwoord op deze vraag en beperken er zich doorgaans toe uit te drukken dat het ademhalingstoestel van het geschikt type dient te zijn aangepast aan de aard en de duur der bewerkingen en de bijzondere kenmerken van de agentia.

Nochtans vindt men in artikel 161 van het A.R.A.B. enkele iets meer nauwkeurige bepalingen, ondermeer dat, als ademhalingstoestellen, uitsluitend maskers met toevoer van lucht, onafhankelijke maskers, hoofdhulsels met toevoer van lucht of onafhankelijke hoofdhulsels moeten dienen ge-

bruikt, voor verrichtingen op om 't even welke plaats waar men vreest dat de lucht er geen 17 % zuurstof inhoudt en voor verrichtingen waarbij in plaatsen zoals bedoeld in art. 53 of in houders of tanks zoals bedoeld in art. 625 moeten worden binnengegaan of gebleven. Verder zegt artikel 161 dat voornoemde maskers en hoofdhulsel verkozen worden boven filtermaskers, wanneer de aard of de technische voorwaarden van verrichtingen zich er niet tegen verzetten.

Het is verder duidelijk dat bij de keuze, vooral van beschermingskledij zoals ondermeer drukpakken, in radioactief milieu, niet enkel rekening moet worden gehouden met de risico's voor de ademhalingswegen en risico's van inneming van radioactief stof, maar ook met risico's van rechtstreekse gammastralingen, van contaminatie van de huid en van andere kritische organen, enz.

Goedsluitend beschermingskledij zal zich opdringen bij belangrijke en in de ruimte verspreide besmetting.

Reeds in 1967 deed de heer Ivan LAFONTAINE, in een uiteenzetting voor de Belgische vereniging voor stralingsbescherming, als zijn mening kennen dat een onafhankelijk masker aan te bevelen is wanneer in een lokaal een besmette atmosfeer kan heersen van meer dan 10 MTC.

Elders blijkt uit de vakliteratuur dat filtermaskers, buiten beschouwing gelaten hun gebrek aan confort, ademhalingsweerstand en hun kort tijdgebruik, gepast kunnen zijn voor besmettingen beneden 10 MTC, gebeurlijk tot 100 MTC bij nauwkeurig toezicht op gebruik en technisch nazicht, maar dat boven 100 MTC in alle gevallen filtermaskers af te raden zijn.

Aan welke eisen moeten de ademhalingstoestellen voldoen ?

Wat de beschermingskledij in 't algemeen en dus ook de drukpakken aangaat, komen in de reglementering praktisch geen nauwkeurige voorschriften voor.

Wel te verstaan wordt algemeen gezegd dat ze moeten :

- a) aangepast zijn aan de voorwaarden waarin de bewerkingen plaats hebben en aan de aard van het schadelijk agents in kwesties;

b) stevig gemaakt moeten zijn, door middel van stoffen of materiaal van goede kwaliteit en zo weinig mogelijk gevoelig voor de inwerking van de agentia waarmede zij in contact komen, teneinde voldoende waarborg te bieden op het gebied van weerstand tegen slijtage, tegen het scheuren, tegen het stoten of tegen invreting.

Art. 160 van het A.R.A.B. bepaalt verder dat de beschermingskledij bestemd voor de werknemers die blootgesteld zijn aan risico's voor besmettingen door radioactieve substanties moet gemaakt zijn van stof of weefsel die voldoende dicht zijn en waarin de stofdeeltjes van deze substanties niet kunnen doordringen.

Het A.R.A.B. is daarentegen veel nauwkeuriger waar het ademhalings-toestellen betreft en voorziet onder andere een goedkeuringsprocedure ervan.

Deze toestellen dienen van een aangenomen type of model te zijn. Die aanneming wordt verleend door de Minister van Tewerkstelling en Arbeid op overeenkomstig advies van met dit doel bevoegde organismen. De Minister van Tewerkstelling en Arbeid heeft de voorwaarden voor aanneming en de voorwaarden waaraan de toestellen moeten beantwoorden, bepaald en de bevoegde organismen aangewezen in het reeds hoger vernoemd ministerieel besluit van 11. 9.1961.

Art. 161 zegt tekstueel "In geen geval mogen de ademhalingswegen van de werknemers worden beschermd tegen de inademing van stof, damp, rook of nevels om 't even welke door middel van ademhalings toestellen die niet zijn aangenomen overeenkomstig de bepalingen van artikel 160 I."

In het art. 160 I. worden verschillende typen ademhalings toestellen gedefinieerd en worden verschillende algemene eisen uitgedrukt ten aanzien van gewicht, onontvlambaarheid, ruwheden, elasticiteit, bevestigingsmogelijkheden, doeltreffendheid, eigenschappen van de glazen, onnuttige ruimte, buigzame slangen, inademingsventielen, enz.

Het ministerieel besluit van 11 september 1961 handelt verder over de identificering van de toestellen en onderdelen van toestellen, de verplichte verklarende nota welke bij de toestellen hoort en de nodige aanwijzingen geeft met betrekking tot werking, gebruik, onderhoud, enz. van de toestellen, administratieve modaliteiten van aanneming, de be-

voegde controleorganismen en bevat in zijn bijlage de beschrijving van nauwkeurige technische proeven waaraan de ademhalingstoestellen en filters moeten voldoen.

Bij wijze van voorbeeld mogen de maskers met toevoer van vrije lucht (geen perslucht) wanneer zij klaar zijn voor het gebruik, op een imitatiehoofd gevestigd en met een buigzame toevoerslang van 15 m lengte en 25 mm middellijn langs binnen gebonden, geen inademhalingsweerstand bieden van meer dan 35 mm water voor een contenedebiet van 50 l lucht per minuut. Onder dezelfde voorwaarden en voor hetzelfde luchtdebiet mogen die maskers geen groter uitademhalingsweerstand bieden dan 10 mm water.

Voor wat betreft de maskers met toevoer van perslucht, hoofdhulsels met luchttoevoer alsmede onafhankelijke maskers en hoofdhulsels dient ten aanzien van de dichtheidswaarborg tegen het indringen van bezoedelde lucht aan volgende eisen te worden voldaan:

"De toestellen moeten het de personen die ze dragen mogelijk maken gedurende tien minuten in een volkomen gesloten kamer te verblijven, waarin de lucht benzylbromide bevat naar rato van een gram per kubieke meter, zonder dat zij de geur noch de traanverwekkende eigenschap van dat produkt gewaarworden. Gedurende die tijd voeren de personen in verschillende houdingen aangepaste oefeningen uit om de ademhalingsbewegingen in de nodige mate te versnellen en ademen zij, indien het geen onafhankelijke maskers betreft, lucht in die buiten de kamer wordt opgevangen. Indien de toestellen van geen aangezichtsbedekking of hoofdhulsels zijn voorzien, worden de ogen der personen gevrijwaard tegen de uitwerking van benzylbromide door middel van een hermetische bril."

Zoals men zich kan voorstellen zijn het meestal ondichtheden van het venster van het aangezichtscherf die de grootste problemen stellen.

De lijst van de aangenomen ademhalingstoestellen wordt gepubliceerd in de bijlagen van het A.R.A.B. De aangenomen toestellen dragen een aandevingsnummer.

Geen enkele van de algemene eisen van art. 160.I. of van de technische proeven beschreven in het ministerieel besluit, bevatten gegevens met betrekking tot het specifiek gebruik van die toestellen in radioactief milieu.

De aannemingsprocedure geeft in de praktijk aanleiding tot verwickelingen in die mate dat de administratie op dit ogenblik niet in staat is binnen een redelijke termijn aanvragen tot aanneming af te handelen.

In die omstandigheden kan men zeggen dat bij gebrek aan een aangenomen toestel dat gepast is voor bepaalde werkingsomstandigheden, het praktisch uitgesloten is dat het gebruik van een niet aangenomen toestel tot een strafrechterlijke vervolging en veroordeling zou kunnen leiden, voor zover natuurlijk zekere voorzorgen zijn genomen ten aanzien van de technische geschiktheid van het toestel voor de betrokken werkingsomstandigheid.

In 't bijzonder dient hier de nadruk gelegd op :

- de bepalingen van artikel 54 quater 3.1. van het A.R.A.B. (procedure van bestelling met eisenopnamen in de bestelbon), die van toepassing zijn op individuele beschermingsuitrustingen;

- de opdracht van de veiligheidsdienst uitgedrukt in artikel 835 - 3° die luidt :

onverminderd de bepalingen van artikel 54 quater 3.1., na raadpleging van de betrokken diensten en van het comité voor V.G.V. zo het bestaat, het ondernemingshoofd adviseren betreffende de keuze, de aankoop, het toezicht, het onderhoud en het gebruik van individuele en collectieve beschermingsmiddelen;

- de verplichting van de werkgever uitgedrukt in artikel 837 B, om een voorafgaand advies in te winnen van het comité voor V.G.V. omtrent de keuze, de aankoop, het onderhoud en het gebruik van individuele of collectieve beschermingsmiddelen.

Deze voorschriften, die toepasselijk zijn, ook indien het gaat om aangenomen toestellen, zijn nog van een veel groter belang bij niet-aangenomen toestellen.

De Belgische norm NBN 440 en meer nog de ontwerp-norm NBN S 21-032 kunnen hier in sommige gevallen een nuttige documentatie uitmaken.

Sedert verschillende jaren wordt er in de werkgroep 79 van de Europese Normalisatiecommissie (CEN) actief gewerkt aan het opstellen van CEN normen inzake ademhalingsstoestellen met het oog op het bereiken van EEG richtlijnen ter zake.

De ontwerp-norm NBN S 21-032 houdt rekening met de voornaamste voorstellen geformuleerd in CEN/GT 79.

Tenslotte dient gewezen op het feit dat ook de verplaatsbare gasreceptiënten die soms tot de uitrusting behoren, het voorwerp uitmaken van de omvangrijke reglementering in de bepalingen van de art. 349 en volgende van het A.R.A.B.

Welke voorzorgsmaatregelen dienen genomen ten aanzien van of door de gebruikers van de toestellen?

Artikel 30.3 van het algemeen reglement op de bescherming tegen het gevaar van de ioniserende stralingen handelt over de individuele beschermingsuitrusting. Wat in 't bijzonder ademhalingsstoestellen betreft, dient uit die bepalingen te worden onderstreept, de eisen het beschermingsmaterieel geregeld te testen met het oog op hun doeltreffendheid en hun besmettingspeil, het feit dat zij het voorwerp moeten zijn van bijzondere voorzorgsmaatregelen tijdens het reinigen, het gebeurlijk wassen en gepaste ontsmettingen ondergaan.

Het A.R.A.B. schrijft voor in artikel 163 dat, alvorens de werknemers te werk te stellen aan werken waardoor zij risico's voor beroepsziekten of bijzondere ongevalrisico's kunnen lopen en voor dewelke individuele beschermingsmiddelen ter beschikking moeten worden gesteld, de werkgever aan ieder van hen een individuele nota moet overhandigen met betrekking tot, of hen onderhouden over, de gevaren die de bewerkingen die zij zullen moeten uitvoeren bieden en hun wijzen op de regels die zij moeten in acht nemen om ze te vermijden.

Vervolgens en zolang zij dezelfde bewerkingen verrichten moeten de belanghebbende werknemers bij tussenpozen die niet langer dan 1 jaar mogen duren, een nieuw exemplaar van de nota ontvangen of moeten ze opnieuw over hetzelfde onderwerp toegesproken worden.

Die nota moet opgesteld of de toespraak gehouden in de taal der personen tot dewelke zij gericht is met nauwkeurigheid en duidelijkheid zodat ze door al de betrokken werknemers kan worden verstaan.

Ook het algemeen reglement op de bescherming tegen het gevaar van de ioniserende stralingen, besteed in zijn artikel 25 aandacht aan de voorlichting van de werknemers met betrekking tot de risico's, de arbeidsmethoden en technieken die goede veiligheidswaarborgen bieden, enz.

Al de individuele beschermingsmiddelen moeten bestendig in goede staat van gebruik worden gehouden, ten gepaste tijde gereinigd, hersteld of vernieuwd worden (art. 164 van het A.R.A.B.).

Tenzij het de werknemers opgelegd is elke dag, na het gebruik, de maskers af te geven aan de bevoegde dienst, moeten zij gedurende de tijd die zij niet worden gebruikt, in een ondoordringbare voldoende stevige en hermetische sluitende doos of omslag worden geborgen (art. 164).

De werkgevers moeten er voor zorgen dat de betrokken werknemers de individuele beschermingsmiddelen waarover zij moeten beschikken, regelmatig en rationeel gebruiken. Het is de werknemers verboden die middelen vrijwillig te beschadigen, te bevullen of te verknoeien (art. 169).

De werknemers zijn er toe gehouden de individuele beschermingsmiddelen te gebruiken en zich te gedragen naar de instructies die hun in dit verband worden gegeven (art. 170).

Conclusie.

Tot besluit kan worden gezegd dat :

- de reglementering in de meeste gevallen enkel algemene aanwijzingen geeft op technisch vlak en zich meer toelegt op het organisatorisch vlak;
- de technische gegevens van de reglementering zelf geenszins volstaan om doeltreffende risico's te bestrijden, maar dat met de vooruitgang van de techniek op het betrokken terrein rekening dient te worden gehouden;
- er niettemin goede redenen zijn om de reglementering te raadplegen en er rekening mede te houden.

— — — — —

RESUME.

Après un aperçu des sources de la réglementation belge dans le domaine traité, le sujet est abordé sous quatre aspects :

- quand doit-on utiliser des appareils respiratoires ;
- de quelle nature doivent-ils être, selon les cas ;
- quelles doivent en être les qualités ;
- quelles sont les précautions à prendre à l'égard et par les utilisateurs des appareils.

Pour conclure, la relativité de l'importance de la réglementation est soulignée.

ABSTRACT.

Following a survey of the sources of the Belgian reglementation in this field, the subject is examined from four different approaches :

- when should respirators be used ;
- what model should be used according to circumstances ;
- what are the requirements for respirators ;
- what precautions are required for and from the users.

As a conclusion, the relative importance of reglementation is stressed.

ZUSAMMENFASSUNG.

Nach einem Überblick über die Quellen der einschlägigen gesetzlichen Verordnungen in Belgien, wird das Thema unter den folgenden Gesichtspunkten abgehandelt :

- wann müssen Atemschutzgeräte benutzt werden ;
- welche Geräte müssen in welchen Fällen angewendet werden ;
- welchen Anforderungen müssen sie genügen ;
- welche Vorsichtsmassregeln müssen für den Träger und von ihm selbst getroffen werden.

In der Schlussfolgerung wird die Relativität der Wichtigkeit der Verordnungen unterstrichen.

Annales de l'Association Belge de Radioprotection, Vol. 5, n° 3 - 4 (1980).

MECANIQUE CARDIO-RESPIRATOIRE AU COURS DE LA RESPIRATION PAR RESPIRATEURS
AUTONOMES.

R. MARCELLE

Agrégé de l'Enseignement Supérieur,
Maître de Recherches au Fonds National de la Recherche Scientifique
Université de Liège.

Juin 1980.

RESUME.

L'auteur décrit la mécanique respiratoire chez l'homme et souligne l'importance des résistances élastique et dynamique dans le processus de la ventilation pulmonaire. Il applique ensuite ces notions à la prévision des perturbations mécaniques engendrées par l'utilisation des respirateurs autonomes sur le fonctionnement conjoint de l'appareil respiratoire et du coeur.

1. INTRODUCTION

Le fonctionnement des appareils respiratoire et cardiovasculaire sont solidaires et interdépendants. Les poumons sont le siège de l'hématose : ils éliminent l'excès d'anhydride carbonique du sang et le rechargent en oxygène. Le coeur, double pompe foulante, propulse le sang veineux dans la circulation pulmonaire (coeur droit) puis dans la circulation systémique (coeur gauche) après son artérialisation.

Tout respirateur entraîne nécessairement des modifications cardiovasculaires et respiratoires qui découlent des propriétés mécaniques de ces deux organes.

2. MECANIQUE RESPIRATOIRE ET CARDIAQUE

2.1. Les poumons sont dénués de motilité propre : l'augmentation de leur volume à l'inspiration est le résultat d'un mouvement passif sollicité par l'expansion thoracique. C'est le thorax, enveloppe hermétique des poumons, qui est le moteur de la respiration : la contraction des muscles qui entre dans la constitution de sa paroi, engendre une force qui pour une partie, sert à l'expansion thoracique elle-même, l'autre se transformant en variation de pression utilisée pour assurer l'expansion pulmonaire. En effet, entre la cage thoracique et les poumons, un espace clos virtuel est interposé où la pression, du moins en positions habituelles, est constamment inférieure à la pres-

sion atmosphérique. Ainsi, cette dernière qui agit à l'intérieur des alvéoles pulmonaires puisqu'ils restent en communication libre avec l'air extérieur par l'intermédiaire des voies respiratoires, force les poumons à s'accoler intimement à la face interne de la cage thoracique. Dès lors, la contraction des muscles respiratoires, se traduisant par une ampliation thoracique et une augmentation de la dépression intrapleurale, entraîne nécessairement une expansion pulmonaire qu'explique la poussée atmosphérique.

L'expansion pulmonaire ne pouvant se poursuivre sans une admission proportionnelle d'air, l'inspiration s'installe naturellement. Pour assurer un tel mouvement inspiratoire, les muscles thoraciques doivent développer une force qui est constamment supérieure aux résistances qui s'opposent à ce mouvement. Ces résistances sont de deux types : élastiques et dynamiques. Le thorax et les poumons sont des systèmes élastiques dont les forces de rétraction sont orientées dans les trois dimensions de l'espace. Leur état de repos correspond à la fin de l'expiration calme. Au cours de l'inspiration, l'étirement de ces systèmes résulte du fait que la force musculaire thoracique est supérieure aux résistances élastiques thoracopulmonaires, soit environ 10 cm d'H₂O pour une ampliation de 1 litre. L'expiration calme est passive pour autant qu'aucune résistance supplémentaire ne s'y oppose : elle s'effectue grâce à la restitution de l'énergie élastique emmagasinée pendant l'expiration, c'est-à-dire le retour des systèmes élastiques à leur état de repos. Les R. dynamiques que les muscles inspiratoires doivent vaincre en même temps que les R. élastiques sont surtout d'origine aérienne : elles s'opposent au passage de l'air dans les conduits bronchiques, de calibre décroissant au fur et à mesure de leur dichotomie. Ces résistances valent 3 cm d'H₂O/l.⁻¹/sec.⁻¹.

Ainsi, une ampliation thoracopulmonaire de 1 litre en une seconde impose aux muscles inspiratoires une force de contraction correspondant à une variation de pression de 13 cm d'H₂O, dont 8 se transmettent via l'espace pleural. Dès lors, les muscles respiratoires effectuent un travail mécanique se traduisant par une dépense d'énergie et une consommation propre d'oxygène. En conséquence, plus les résistances aux mouvements respiratoires s'accroissent, plus le rendement mécanique de l'appareil respiratoire diminue.

2.2. Simultanément aux mouvements respiratoires, le coeur se contracte d'une manière rythmique et pulse le sang dans la circulation pulmonaire (sang veineux) et dans la circulation systémique (sang artériel). Chez le sujet normal, le débit de cette pompe foulante est réglé par la quantité de sang veineux qui retourne au coeur droit. Celle-ci dépend pour une part du gradient de pression motrice qui s'établit entre la périphérie et le coeur droit. Il est accru sous l'influence de la dépression intrapleurale. Inversément, le débit cardiaque diminue lorsque s'abaisse la dépression intrapleurale : le débit cardiaque au cours de l'expiration est plus petit que lors de l'inspiration. Toutes circonstances où les résistances à l'expiration augmentent, impliquant une surpression intrathoracique, s'accompagnent d'un accroissement de la différence entre le débit cardiaque à l'inspiration et à l'expiration.

3. INFLUENCE DES RESPIRATEURS AUTONOMES SUR LA MECANIQUE RESPIRATOIRE ET CARDIAQUE.

Les notions de physiologie rappelées ci-haut, permettent de prévoir les perturbations mécaniques qu'engendre l'utilisation des respirateurs autonomes sur le fonctionnement conjoint de l'appareil respiratoire et du coeur.

3.1. Les respirateurs à circuit "ouvert" permettent d'inspirer l'air atmosphérique, préalablement comprimé dans une enceinte qui sert de réserve puis de rejeter l'air vicié à l'extérieur. Ils présentent trois types d'inconvénients. Le premier résulte de l'emploi d'un détendeur "à la demande" qui offre une résistance critique d'ouverture et de fermeture de l'ordre de 2 cm d'H₂O. Pour vaincre cette résistance critique, les muscles respiratoires doivent développer une force supérieure de 2 cm d'H₂O à celle qui est normalement nécessaire pour vaincre les R. élastique et dynamique de l'appareil respiratoire, à l'inspiration comme à l'expiration, avant que de déclencher le mouvement respiratoire proprement dit. Cette dépense d'énergie supplémentaire réduit le rendement mécanique de la

respiration. Le deuxième inconvénient résulte de la charge que représente le poids de la réserve d'air. Le maintien et le transport de cette charge impliquent la contraction de groupes musculaires importants (dos, abdomen, membres inférieurs) et, en conséquence, un prélèvement d'oxygène normalement destiné aux muscles et aux processus adaptatifs que nécessitent le travail exigé des utilisateurs du respirateur autonome (sauvetage, etc...). Le rendement utile de l'appareil respiratoire est donc diminué en proportion directe de ce travail parasite mais indispensable. Enfin, l'augmentation de résistance à l'expiration imposée par la pression critique de fermeture de la valve à la demande, diminue la dépression intrathoracique. Il en résulte une diminution du retour veineux et par conséquent, du débit cardiaque lors de chaque expiration.

3.2. Les respirateurs autonomes en "circuit fermé", réutilisent l'air expiré dont un absorbant A, extrait l'anhydride carbonique, tandis qu'une réserve d'oxygène en ajuste constamment le taux dans l'air inspiré. Ce type d'appareil allège le transport de la réserve de gaz puisque l'oxygène intervient pour 20 % seulement dans la composition de l'air atmosphérique. Toutefois, les appareils en circuit fermé offrent un inconvénient commun avec les respirateurs en "circuit ouvert" : les soupapes qui dirigent le sens de la circulation de l'air dans les circuits inspiratoire et expiratoire, opposent également une résistance critique à l'ouverture et la fermeture. Ils nécessitent par conséquent les mêmes dépenses d'énergie supplémentaires et perturbent d'une manière similaire le débit cardiaque à l'expiration. En outre, le ballon où, dans ce type d'appareil, se collecte l'air expiré présente une distensibilité inversement proportionnelle à la quantité d'air qu'il contient. Le stockage d'un grand volume d'air dans ce ballon, notamment lors de l'hyperventilation qui engendre le travail physique, ne peut donc se réaliser sans vaincre la résistance élastique de ce ballon. Dans ces conditions, les muscles expiratoires fournissent un travail supplémentaire réduisant le rendement de respiration. Enfin, l'absorption de l'anhydride carbonique ne peut se faire sans absorption simultanée d'humidité et dégagement de chaleur. La première assèche l'air

et le rend irritant pour les voies respiratoires. Le second a pour effet d'élever la température de l'air inspiré et secondairement, celle de la masse corporelle. L'un des effets de l'élévation de la température interne est l'accélération de la fréquence cardiaque, indépendamment de l'effort physique fourni.

L'un des mécanismes fondamentaux d'adaptation cardiaque à l'effort est ainsi amoindri.

4. CONCLUSIONS

Les respirateurs autonomes offrent une contrainte pour les appareils respiratoire et cardiovasculaire. Ils diminuent nécessairement le rendement de ces organes et limitent leur marge d'adaptation. Le coût énergétique de leur mise en oeuvre est un facteur appréciable de fatigue dont il faut tenir compte dans le bilan de la dépense d'énergie consentie par les utilisateurs employés à des travaux manuels.

REFERENCES

MARCELLE R.

Mise à jour de Physiologie pathologique sur la mécanique ventilatoire.
Principes fondamentaux.
Rev. Med. Liège, 1979, 34, 507.

MEYER P.

Physiologie humaine.
Paris, Flammarion Médecine-Sciences, 1977.

PETIT J.M.; HAUSMAN A.; PIRNAY F. et DEROANNE M.

Modalités de fonctionnement et possibilités d'amélioration des appareils respiratoires autonomes utilisés par les sauveteurs.
1969, C.E.C.A. : 1161/2/62 F, annexe 291/62.

SAMENVATTING.

De ademhalingsmechaniek bij de mens wordt beschreven en de nadruk gelegd op het belang van de elastische en dynamische weerstand in het proces van de longventilatie. Deze gegevens worden vervolgens gebruikt om de mechanische storingen te voorzien die door het gebruik van autonome ademhalingsapparaten op de werking van hart en long veroorzaakt worden.

ABSTRACT.

The author describes the respiratory mechanics in man insisting on the importance of elastic and dynamic resistances in pulmonary ventilation. These factors are subsequently applied to the prediction of mechanical disturbances caused by the use of autonomous respirators on the related functioning of lungs and heart.

ZUSAMMENFASSUNG.

Der Autor beschreibt die Mechanik der Atmung und weist besonders auf die Bedeutung des elastischen und dynamischen Widerstands beim Prozess der Lungenventilation hin. Diese Faktoren werden nachfolgend auf die Voraussage von mechanischen Störungen angewendet, die beim Gebrauch von autonomen Beatmungsgeräten die Wirkung von Lunge und Herz beeinflussen.

Annales de l'Association Belge de Radioprotection, Vol. 5, n° 3 - 4 (1980).

REGLEMENTATION RELATIVE A LA MISE EN OEUVRE DES APPAREILS DE PROTECTION DES VOIES RESPIRATOIRES ET DES VETEMENTS DE PROTECTION CONTRE LA CONTAMINATION.

Dr J. SARBACH,
C.E.A. - France.

Juin 1980.

RESUME.

La réglementation relative à la mise en oeuvre des appareils et vêtements de protection individuels contre la contamination a été élaborée par un groupe de travail du C.E.A. Elle couvre les appareils de protection des voies respiratoires qu'ils soient filtrants ou isolants ainsi que les vêtements de protection contre la contamination qui se subdivisent en vêtements non ventilés dits "vynile scotchés" et en vêtements ventilés. Des informations sont reprises en annexe concernant la qualité de l'air respirable, le programme d'instructions du personnel et la conduite à tenir en cas d'accident.

Dans les divers établissements du groupe CEA, des travaux exigent le port d'appareils de protection des voies respiratoires et de vêtements de protection, pour être réalisés dans de bonnes conditions de sécurité. Le port de ces équipements entraîne des contraintes d'ordre physique, physiologique et aussi psychologique dont il a été tenu compte pour l'établissement de ces règles d'emploi applicables dans tous les Centres du groupe CEA et qu'il faut étendre aux entreprises extérieures travaillant pour le groupe CEA en le précisant dans les contrats passés avec elles.

C'est le Service de Protection contre les Rayonnements qui est compétent pour décider du port de ces équipements et de la durée de séjour dans la zone de travail.

1.- APPAREILS DE PROTECTION DES VOIES RESPIRATOIRES.

1.1. - Appareils de protection des voies respiratoires, filtrants.

1.1.1. - Définition.

Appareil de protection des voies respiratoires constitué par un couvre-face et un dispositif de purification de l'air inhalé. Le couvre-face complet recouvre les yeux, le nez, la bouche et le menton.

Le facteur de protection moyen d'un couvre-face complet, établi expérimentalement sur un grand nombre de sujets, est de 100 (1)

(1) Référence : Note CEA-N584 de janvier 1966.

On appelle facteur de protection d'un couvre-face le rapport de la concentration ambiante du polluant à sa concentration à l'intérieur du couvre-face, les valeurs des concentrations prises en compte étant les valeurs moyennes pendant la durée de l'essai.

Le facteur de protection moyen considéré est la moyenne arithmétique des facteurs de protection mesurés sur un grand nombre de porteurs de couvre-face (environ 1.000).

Le demi-masque qui ne couvre que le nez, la bouche et, sur certains modèles, le menton, a une étanchéité réduite et, de ce fait, son utilisation est fortement déconseillée.

1.1.2. - Limites d'utilisation.

1.1.2.1. - Indications.

Les valeurs des concentrations atmosphériques données ci-dessus sont valables pour des conditions normales de travail. Elles peuvent être modifiées par la personne compétente en fonction des conditions réelles de l'opération effectuée et, en particulier, de la durée de séjour effectif dans les ambiances considérées.

1.1.2.1.1- Protection contre les polluants radioactifs (gaz rares et tritium exclus) :

- . Pour une concentration atmosphérique inférieure à 10 CMA*.
- . Pour une concentration atmosphérique comprise entre 10 et 100 CMA :

le port de l'appareil filtrant est admis sous réserve d'une vérification supplémentaire de son étanchéité par une personne compétente et de la surveillance de son utilisation correcte.

1.1.2.1.2- Protection contre les polluants non radioactifs.

L'appareil doit être équipé d'une cartouche adaptée au polluant et non saturée.

1.1.2.2. - Interdictions.

1.1.2.2.1. - Lorsque la concentration du polluant est supérieure à 100 CMA.

1.1.2.2.2. - En présence de polluants gazeux pour lesquels la cartouche filtrante utilisée est inefficace (gaz rares, oxyde de carbone (CO), anhydride carbonique (CO₂), tritium).

*CMA : Concentration Maximale Admissible pour le personnel directement affecté à des travaux sous rayonnements ionisants pour une durée de 40 heures par semaine (Décret du 15 mars 1967).

- 1.1.2.2.3. - Dans les atmosphères dont la concentration en oxygène est inférieure à 17 % en volume ou dans lesquelles la concentration du polluant gazeux est supérieure à 1 % en volume.
- 1.1.2.2.4. - Dans les atmosphères suspectes où ne sont connues ni la concentration en oxygène ni la concentration et la nature des polluants.
- 1.1.2.2.5. - Dans les atmosphères dont la composition peut varier de manière incontrôlée (dégagement brutal de gaz, etc.).
- 1.1.2.2.6. - Dans les endroits confinés ou équipés de moyens de ventilation insuffisants (cuves, réservoirs, puits et galeries).
- 1.1.2.2.7. - La sécurité est compromise si barbe, favoris ou branches de lunettes soulèvent, même de façon minime, la jonction peau couvre-face.
- NOTA : Certains types de couvre-face peuvent être équipés de montures de lunettes spéciales ne diminuant pas leur étanchéité.
- 1.1.2.2.8. - En présence de polluants pouvant pénétrer par la peau.
- 1.1.3. - Durée maximale du travail.

La durée maximale du travail avec port de l'appareil filtrant est fixée à quatre heures par journée de travail. Un dépassement d'une heure est toléré sous réserve qu'il reste exceptionnel.

1.1.4. - Instruction à dispenser au personnel.

. Rappeler que l'efficacité maximale d'un appareil filtrant est réalisée lorsque celui-ci a été adapté au visage du porteur, tant par le choix de la taille du couvre-face que par le réglage de ses brides.

. Enseigner le port correct de l'appareil filtrant pour éviter tout manque d'étanchéité sans serrage exagéré des brides.

. Faire effectuer l'essai en dépression : fermer l'ouïe d'entrée de la cartouche avec la paume de la main, inspirer et maintenir cette dépression durant quelques secondes. L'appareil filtrant est suffisamment étanche si le couvre-face reste légèrement affaissé et que l'on ne décèle pas de fuites d'air vers l'intérieur. Cet essai est à effectuer avant chaque utilisation.

. Expliquer les conditions particulières du travail avec port de l'appareil filtrant (adaptation de l'effort en fonction de la gêne respiratoire ressentie par le porteur).

1.2. - Appareils de protection des voies respiratoires, isolants.

1.2.1. - Appareils de protection des voies respiratoires, isolants autonomes.

1.2.1.1. - Définition.

Appareil de protection des voies respiratoires qui alimente le porteur en air ou oxygène stocké dans une bouteille haute pression ou un autre réservoir formant partie intégrante de l'appareil.

1.2.1.2. - Appareils isolants autonomes à air.

Ils comprennent :

- des appareils de secours prévus pour l'évacuation en cas d'incident. Leur autonomie est de dix minutes environ ;
- des appareils d'intervention. Leur autonomie est de 30 à 60 minutes environ suivant qu'il s'agit de mono ou de bi-bouteilles.

1.2.1.3. - Appareils isolants autonomes à oxygène.

Ils comprennent :

- des appareils de secours. Leur autonomie est de 30 à 45 minutes environ ;
- des appareils d'intervention. Leur autonomie est de 1 à 4 heures.

1.2.1.4. - Durée maximale du travail.

Vu leur autonomie propre et le caractère exceptionnel de leur utilisation, il n'y a pas lieu de fixer une durée maximale de port pour les appareils isolants autonomes.

1.2.1.5. - Limites d'utilisation.

En ce qui concerne la valeur de la concentration atmosphérique donnée ci-dessous, voir paragraphe 1.1.2.1.

1.2.1.5.1. - Ceux qui fonctionnent en *dépression* ont une utilisation limitée à une concentration atmosphérique du polluant inférieure à 100 CMA mais peuvent être employés dans les cas prévus aux paragraphes 1.1.2.2.2., 1.1.2.2.3., 1.1.2.2.4., 1.1.2.2.5., 1.1.2.2.6.

1.2.1.5.2. - Ceux qui fonctionnent en *surpression* sont utilisables pour une concentration atmosphérique supérieure à 100 CMA.

1.2.1.5.3. - Voir paragraphe 1.1.2.2.8.

1.2.1.6. - Instruction à dispenser au personnel.

L'utilisation de ces appareils implique que le porteur ait bénéficié d'une instruction spécifique et de recyclages périodiques.

1.2.2. - Appareils de protection des voies respiratoires, isolants à adduction d'air.

1.2.2.1. - Définition.

Appareil de protection des voies respiratoires constitué par un couvre-face, avec ou sans cartouche filtrante, un détendeur ou un dispositif de réglage de débit, et alimenté en air respirable moyenne pression par l'intermédiaire d'un tuyau souple de petit diamètre.

Les inconvénients de ces appareils (poids, balourd, sujétion due à la glène d'adduction d'air) par rapport aux appareils filtrants sont compensés par les avantages suivants : aisance respiratoire, rafraîchissement du visage, degré de protection supérieur.

1.2.2.2. - Indications d'utilisation.

1.2.2.2.1. - Voir paragraphe 1.2.1.5.1.

1.2.2.2.2. - Voir paragraphe 1.2.1.5.2.

1.2.2.2.3. - Voir paragraphe 1.2.1.5.3.

1.2.2.3. - Durée maximale du travail.

La durée maximale du travail en appareil isolant à adduction d'air est fixée à quatre heures par journée de travail. Un dépassement d'une heure est toléré sous réserve qu'il reste exceptionnel.

1.2.2.4. - Instruction à dispenser au personnel.

Voir paragraphe 1.2.1.6.

2.- VÊTEMENTS DE PROTECTION CONTRE LA CONTAMINATION.

2.1. - Vêtements non ventilés, dits "vinyle scotchés".

2.1.1. - Définition.

Il s'agit de vêtements confectionnés en feuille plastique mince (en CPV, le plus souvent), sans ventilation intérieure, avec ou sans capuche, sans gants soudés. L'étanchéité de ces vêtements est améliorée par l'obstruction des ouvertures à l'aide de rubans adhésifs.

2.1.2. - Avantages.

- Leur mise en oeuvre est facile, l'habillage et le déshabillage sont simplifiés ; il n'y a pas de ventilation intérieure à raccorder à une source d'air respirable ; ils sont moins encombrants qu'un vêtement ventilé.

- Ils assurent une très bonne protection contre la contamination corporelle par des poussières ou par des projections de liquides.

- Ils ont un bas prix de revient ; ils peuvent être considérés comme des vêtements consommables (à usage unique).

2.1.3. - Inconvénients.

- Dépourvus de ventilation intérieure, ces vêtements imposent à leurs porteurs, par blocage de leur thermorégulation cutanée, une contrainte thermique qui, pour des travaux de puissance modérée, devient difficilement tolérable dès que la température ambiante dépasse 25°C.*

Suivant la catégorie de l'appareil de protection des voies respiratoires qui complète l'équipement du porteur, cette contrainte peut être soit aggravée par le travail respiratoire induit par un appareil filtrant, soit réduite par l'aisance respiratoire et l'air frais délivrés par un appareil à adduction d'air en surpression.

- Par leur conception - peau en feuille mince non armée, étanchéité des ouvertures réalisée par rubans adhésifs - ces vêtements sont contre-indiqués pour des travaux nécessitant un effort important et soutenu.

- Ils ne sont pas utilisables contre des polluants gazeux.

2.1.4. - Indications d'utilisation.

L'utilisation courante de ces vêtements est à proscrire. Leur mise en oeuvre est à réserver pour les interventions où l'emploi de vêtements moins contraignants est impossible (polluants liquides, huiles, graisses et lieux exigus). La contrainte thermique dépendant de la température ambiante limite la durée de leur port. Dans de nombreux cas ces vêtements peuvent être avantageusement remplacés par des tenues en coton ou similaires.

2.1.5. - Durée maximale du travail.

2.1.5.1. - La mise en oeuvre de ces vêtements est facilitée par l'utilisation simultanée d'un appareil de protection des voies respiratoires du type "isolant à adduction d'air".

* Travaux de Rowlands, rapport UKEA-AHSB (RP) R 70 (1966).

La durée maximale de travail en vêtement vinyle non ventilé sans accord médical préalable est fixée à une heure et demie par journée de travail (non compris les temps d'habillage et de déshabillage). Un dépassement d'une demi-heure est toléré sous réserve qu'il reste exceptionnel.

2.1.5.2. - Pour toute intervention en tenue vinyle non ventilée qui risque de durer plus de deux heures de suite, un accord médical préalable est indispensable.

2.1.5.3. - Ces normes sont valables pour un vêtement vinyle non ventilé porté simultanément avec un appareil respiratoire isolant à adduction d'air, lors d'un travail d'intensité modérée, effectué à un poste de travail où la température ne dépasse pas 25°C. Elles doivent être minorées pour un travail d'intensité plus grande, une température plus élevée ou le port simultané d'un appareil respiratoire filtrant.

2.1.5.4. - Il a été constaté que les personnels amenés à travailler systématiquement pendant l'horaire maximal toléré et tous les jours ouvrables sur des chantiers de durée prolongée, présentaient, au bout de deux mois, un phénomène de saturation sur les plans physique et psychologique. Il est nécessaire que dans l'organisation de tels chantiers l'affectation de ces personnes à un autre type de travail pendant quelque temps soit prévue au bout de deux mois au plus.

2.1.6. - Aptitude.

Pour travailler en tenue non ventilée dite "vinyle scotchée" il faut avoir été reconnu apte à pratiquer cette activité spécifique par le médecin du travail.

2.1.7. - Limite d'âge.

2.1.7.1. - Il n'y a pas de limite d'âge fixée impérativement.

2.1.7.2. - Au-delà de 45 ans, seules les personnes entraînées et en bonne condition physique peuvent être éventuellement jugées aptes à effectuer des travaux comportant le port de cette tenue.

2.1.8. - Sécurité dans le travail en vêtement dit "vinyle scotché".

2.1.8.1. - Avant le travail.

2.1.8.1.1. - Ne doivent travailler en vêtement dit "vinyle scotché" que des personnes qui ont été reconnues médicalement aptes à cette

activité et qui ont reçu une instruction appropriée.

Remarque : Une bonne condition physique et une formation accélérée suffisent pour le port exceptionnel d'un vêtement dit "vinyle scotché" sans travail physique notable (mission d'inspection par exemple) sous réserve que le porteur soit accompagné par un agent qualifié.

2.1.8.1.2. - Un agent malade ou fatigué ne doit pas travailler en vêtement dit "vinyle scotché".

2.1.8.2. - Pendant le travail.

2.1.8.2.1. - Le travail en vêtement dit "vinyle scotché" doit être exécuté par deux agents au minimum. Ceux-ci doivent être en communication visuelle ou au moins phonique avec une autre personne placée en surveillance à l'extérieur de la zone de travail.

2.1.8.2.2. - Les dispositions nécessaires pour porter secours à un opérateur blessé ou évanoui et pour l'évacuer de la zone contaminée doivent être prévues et les moyens correspondants mis en place.

2.1.8.2.3. - Dans des circonstances exceptionnelles lorsque le travail ne peut être exécuté que par un opérateur isolé, celui-ci doit être en communication visuelle ou au moins phonique avec une personne placée en surveillance à l'extérieur de la zone de travail. Les moyens pour lui porter secours dans un court délai, en cas de besoin, doivent être prévus et mis en place.

2.1.8.3. - Après le travail.

Le déshabillage est un facteur important de contamination. Cette opération doit être effectuée avec un soin particulier et avec l'assistance obligatoire de personnes compétentes elles-mêmes protégées.

2.1.8.4. - Avant et après le travail.

Des boissons non alcoolisées doivent être mises en quantité suffisante à la disposition des personnels.

2.1.9. - Surveillance médicale.

2.1.9.1. - Elle est pratiquée deux fois par an. Il s'agit d'une surveillance systématique correspondant aux contraintes précisées sur la fiche de poste et de nuisances.

2.1.9.2. - Une contrôle médical est réalisé par ailleurs :

- après chaque accident ou incident professionnel ;
- après chaque maladie ou accident ayant entraîné une absence de plus de trois jours ;
- sur demande de l'intéressé ou du Chef d'installation.

2.2. - Vêtements ventilés.

2.2.1. - Définition.

- Un vêtement ventilé est un vêtement de protection étanche, équipé d'un dispositif d'alimentation en air comprimé moyenne pression (2 à 10 bars) qui fournit l'air respirable au porteur et qui assure la surpression (1 à 10 millibars) et la ventilation intérieure de ce vêtement.

- Le but premier du vêtement ventilé est d'isoler intégralement les utilisateurs de l'ambiance polluée. Cet effet est obtenu par une continuité aussi parfaite que possible des éléments constituant le vêtement et par une circulation d'air en surpression qui s'oppose à l'entrée des polluants à l'intérieur du vêtement.

2.2.2. - Indications d'utilisation.

Ce type de vêtement peut être employé en présence de :

2.2.2.1. - pollution atmosphérique par du tritium moléculaire, de la vapeur d'eau tritiée, des produits tritiés liquides ou solides.

2.2.2.2. - pollution atmosphérique élevée, associée à un risque élevé de contamination externe.

NOTA : l'expérimentation déjà réalisée a montré que le facteur de protection des vêtements ventilés actuels, vis-à-vis des aérosols, est de 2.000 au moins.

2.2.3. - Durée maximale du travail.

2.2.3.1. - La durée maximale du travail en vêtement ventilé sans accord médical préalable est fixée à deux heures par journée de travail (non compris les temps d'habillage et de déshabillage). Un dépassement d'une demi-heure est toléré sous réserve qu'il reste exceptionnel.

2.2.3.2. - Pour toute intervention en tenue ventilée qui risque de durer plus de deux heures trente de suite, un accord médical préalable est indispensable.

2.2.3.3. - Ces normes sont valables pour un travail d'intensité moyenne effectué à un poste de travail où la température est normale. Elles doivent être minorées en cas de travail physique intense, de l'exécution d'un travail nécessitant une attention extrêmement soutenue ou en cas de conditions extérieures défavorables.

NOTA : Les progrès dans la conception et la réalisation de nouveaux types de vêtements ventilés pourraient conduire à un réexamen de ces limites.

2.2.3.4. - Voir paragraphe 2.1.5.4.

2.2.4. - Surveillance médicale.

2.2.4.1. - Elle est pratiquée systématiquement deux fois par an. Il s'agit d'une surveillance correspondant aux contraintes précisées sur la fiche de poste et de nuisances.

2.2.4.2. - Un contrôle médical est réalisé par ailleurs :

- après chaque accident ou incident professionnel ;
- après chaque maladie ou accident ayant entraîné une absence de plus de trois jours ;
- sur demande de l'intéressé ou du Chef d'installation.

2.2.5. - Limite d'âge.

- Il n'y a pas de limite d'âge fixée impérativement.
- Au-delà de 45 ans, seules les personnes entraînées et en bonne condition physique peuvent être éventuellement jugées aptes à effectuer des travaux comportant le port de cette tenue.

2.2.6. - Sécurité dans le travail en vêtement ventilé.

Voir paragraphe 2.1.8.

2.2.7. - Instruction à dispenser au personnel.

2.2.7.1. - Elle comprend un enseignement technique dispensé par des spécialistes désignés par le Chef du S.P.R. et une information sur les problèmes médico-physiologiques spécifiques dispensés par des spécialistes désignés par le Médecin du Travail.

2.2.7.2. - La durée de cette instruction est d'une vingtaine d'heures, pour un groupe ne dépassant pas dix personnes.

2.2.7.3. - Programme d'instruction : voir annexe B.

2.2.7.4. - Des cours de recyclage doivent être prévus.

Pour les agents habilités, ces cours portent sur la partie théorique du programme.

Pour les personnes qui n'ont plus travaillé en vêtement ventilé depuis plus d'un an, ils portent sur les parties théoriques et pratiques.

2.2.8. - Conduite à tenir en cas d'accident (voir annexe C).

ANNEXES

A.- QUALITE DE L'AIR RESPIRABLE.

A.1. - Composition et valeurs limites.

L'air qui alimente les appareils de protection des voies respiratoires et les vêtements ventilés doit avoir une composition aussi voisine que possible de celle de l'air atmosphérique normal (20,9 % d'oxygène, 78,1 % d'azote). Il doit être aussi sec que possible.

La concentration de la vapeur d'eau de l'air détendu doit être inférieure à :

- 100 mg/m³ pour l'air "moyenne pression" (2 à 10 bars) ;
- 50 mg/m³ pour l'air "haute pression" stocké en bouteilles à 200 bars ;
- 30 mg/m³ pour l'air "haute pression" stocké en bouteilles à 300 bars.

Les valeurs maximales admissibles de polluants sont les suivantes :

- oxyde de carbone (CO) : 10 parties par million (p.p.m. en volume) ;
- anhydride carbonique (CO₂) : 500 p.p.m. ;
- huile minérale (vapeur) : 5 mg/m³ ;
- poussières : 0,5 mg/m³.

A.2. - Contrôle de l'air respirable.

L'air dit "respirable" qui alimente certains appareils de protection des voies respiratoires provient soit de bouteilles où il a été préalablement comprimé à 200 ou 300 bars après séchage, filtrage et déshuilage, soit de canalisations alimentées en air moyenne pression par un compresseur. Les principales causes possibles de pollution de cet air sont : l'aspiration d'une fraction des gaz d'échappement de moteur thermique entraînant le compresseur (CO et CO₂), la présence de traces de l'huile servant à la lubrification des pistons du compresseur, la présence de poussières provenant surtout de la rouille de canalisations, l'odeur de moisissures développées dans des bouteilles ou des canalisations alimentées en air insuffisamment sec.

Pour détecter une pollution possible, une analyse systématique sera effectuée sur chaque installation le plus en aval possible des moyens d'épuration. Les teneurs en vapeur d'eau, oxygène, oxyde de carbone, anhydride carbonique, huiles minérales et poussières seront mesurées.

La fréquence minimale de ces contrôles sera de deux fois par an pour l'air provenant de compresseurs à pistons lubrifiés à l'huile minérale et d'une fois par an pour l'air provenant de compresseurs à membrane ou à pistons secs.

Un contrôle sera effectué après chaque arrêt prolongé de l'installation et après les interventions sur le circuit d'air.

Ces contrôles se feront à la diligence du service qui détient le système de filtration-épuration de cet air.

B.- PROGRAMME D'INSTRUCTION DU PERSONNEL APPELE A TRAVAILLER EN VETEMENT VENTILE.

B.1. - Instruction technique.

B.1.1. - Mise en oeuvre des vêtements ventilés :

- habillage et déshabillage avec un ou deux aides selon la procédure applicable au vêtement utilisé et à la conception de l'installation ;
- exercices d'évolution : marche, flexions - extensions ;
- interruption momentanée de l'alimentation en air ;
- essais de transmission de la voix et de communications par gestes.

B.1.2. - Visites d'installations et de chantiers comportant des travaux en vêtement ventilé.

B.1.3. - Travaux pratiques en zone inactive avec port de vêtement ventilé : meulage, tronçonnage, soudure, etc.

B.1.4. - Travaux sur chantier actif.

Les premiers travaux sur chantier actif devront être effectués en compagnie d'un équipier confirmé.

B.2. - Instruction médicale.

- Durée normale trois heures.
- Elle ne doit comporter que des notions simples et pratiques compréhensibles par des personnes de tout niveau.

B.2.1. - Exposé des modifications des rythmes respiratoires et cardiaques sous l'influence de la chaleur, du froid, de la sudation et de l'intensité de l'effort. Comment en tenir compte pour doser cet effort.

B.2.2. - Conseils diététiques, façon de compenser les pertes hydriques et dédramatisation des pertes de poids par perte hydrique.

B.2.3. - Exposé des contre-indications temporaires au travail en tenue ventilée :

- Fatigue et méforme, états fébriles, nez bouchés, otites aiguës, repas trop abondants ou trop arrosés, ivresse.
- Comment reconnaître un début de malaise en cours de travail. Conduite à tenir dans ce cas.
- Insister sur l'utilité du recours au S.M.T. en cas de doute sur l'existence d'une de ces contre-indications et après les interruptions de travail pour maladie ou accident.

B.2.4. - Explication du but des épreuves médicales (électrocardiogramme, spirométrie, épreuve de Ruffier-Dickson) et de la surveillance médicale.

B.2.5. - Gestes d'urgence en cas de blessure ou accident. Il est souhaitable que les personnels travaillant habituellement en vêtement ventilé aient acquis une formation de secouriste.

C.- CONDUITE A TENIR EN CAS D'ACCIDENT AU COURS D'UN TRAVAIL EN VETEMENT VENTILE.

C.1. - En cas de rupture d'étanchéité du vêtement : quitter aussitôt la zone contaminée sans courir.

C.2. - En cas de panique d'un opérateur : le faire sortir aussitôt de la zone contaminée.

C.3. - En cas de manque d'alimentation en air : tenter de rétablir l'alimentation en air. Si ce n'est pas possible très rapidement, quitter aussitôt la zone contaminée sans courir.

NOTA : l'intéressé est alerté par l'arrêt du bruit de l'air d'alimentation, la formation de buée abondante et par le dégonflement progressif de son vêtement. L'air en réserve dans le vêtement lui donne en général une autonomie suffisante pour quitter la zone contaminée sans avoir besoin d'ouvrir son vêtement.

C.4. - En cas de perte de connaissance : le coéquipier doit sortir le malade hors de la zone contaminée.

C.5. - En cas de blessures : seules les directives générales peuvent être données. Chaque cas est particulier et dépend de nombreuses variables : lieu où se trouve le blessé, disposition des locaux, nature de la blessure, moyens locaux d'intervention, ambiance contaminante.

- Dans toute la mesure du possible, sortir le blessé encore habillé de son vêtement ventilé hors de la zone contaminée. Le principe général du secourisme est à appliquer : seul un risque vital à court terme nécessitant l'ouverture du vêtement ventilé doit faire passer le risque de contamination au second plan.
- Après la sortie hors de l'atmosphère contaminée, éviter un déshabillage hâtif. Sauf nécessité due à la gravité de l'état du blessé ou à la nature de sa blessure, effectuer le déshabillage selon la procédure évitant au maximum la contamination cutanée.
- En cas de doute sur la possibilité de procéder sans risque à ce déshabillage, demander l'avis médical.

BIBLIOGRAPHIE.

En ce qui concerne les appareils de protection des voies respiratoires, les vêtements de protection contre la contamination et les renseignements techniques s'y rapportant, en particulier les méthodes de contrôle de l'air respirable, voir le catalogue des matériels normalisés "Protection, Manipulation, Détection, Sécurité" du Groupe CEA, chapitre VII/2. Editeur : IPSN.DPr. Step/EMH - CEN Saclay, B.P. n° 2 - 91190 Gif-sur-Yvette. Diffusion commerciale : ETAI, 20, rue de la Saussière, 92100 Boulogne-Billancourt.

Cette réglementation est recommandée dans tout le groupe CEA, y compris pour les agents des entreprises extérieures, le médecin du travail restant toujours juge de la nature et de la fréquence des examens à pratiquer.

Elle a été réalisée par un groupe de travail réunissant des médecins du travail et des ingénieurs compétents en radioprotection ou spécialistes des appareils de protection des voies respiratoires. Le groupe était composé de : MM Ulmann, rapporteur, Dr Mazaury, conseiller médical, Drs Arnould, Blay, Bougeois, Duverne, Frossard, Mathieu, Potot, Rosay, Tourte, médecins du travail et de MM. Andreucci, Aude, Bertrand, Boucher, Collet, Duperron, Fleuret, Fonseca, Guerin, Lafaille, Le Bourdonnec, Lebrun J.Claude, Levillain, Mayen, Moutte, Penneroux, Peronnet, Quioc, Reig, Robert, Soria, Soulas, Testemale, ingénieurs de sécurité ou des S.P.R.

SAMENVATTING.

De reglementering in verband met het gebruik van individuele beschermings-toestellen en kledij werd opgesteld door een werkgroep van de CEA. Deze reglementering handelt over beschermingsapparatuur voor de ademhalingswegen hetzij filtrerend of isolerend en eveneens over de beschermingskledij hetzij zonder luchttoevoer genoemd "vinyle met kleefband" of met luchttoevoer. Als bijvoegsel worden informaties verleend betreffende de kwaliteit van de ademhalingslucht, de instructies voor het personeel en de handelswijze bij ongeval.

ABSTRACT.

The reglementation of the use of individual instrumentation and clothing for protection against contamination has been compiled by a working group of the CEA. This reglementation covers respiratory protection instrumentation either filtering or insulating and protective clothing with air pulsation or without called "taped vinyl". Annexed are informations about the quality of inhaled air, instructions for personnel and recommendations in case of an accident.

ZUSAMMENFASSUNG.

Von einer Arbeitsgruppe des CEA ist eine Vorschrift für den Einsatz von einzelnen Geräten und Kleidungen zum Schutz gegen Kontaminationen ausgearbeitet worden. Sie umfaßt neben filtrierenden und isolierenden Atemschutzgeräten auch Schutzkleidungen gegen Kontamination, unterteilt in ventilierte Anzüge und nicht ventilierte, sogenannte "abgeklebte Plastikanzüge". Im Anhang werden Informationen über die Qualität der Atemluft, das Programm zur Schulung des Personals und das Verhalten beim Störfall gegeben.

Annales de l'Association Belge de Radioprotection, vol. 5, n° 3 - 4 (1980.

LA SURVEILLANCE MEDICALE DU PERSONNEL TRAVAILLANT EN VETEMENT VENTILE.

Expérience d'un médecin du travail C.E.A. (France)

Dr C. ARNOULD.

Reçu le 27 juin 1980.

RESUME.

L'auteur décrit les étapes successives de la sélection et de la surveillance médicale du personnel travaillant sous vêtement ventilé. Il souligne les facteurs qui font de ces travailleurs des handicapés relatifs et de plus l'importance des facteurs neuropsychiques tels que la vigilance et l'accoutumance.

La protection de l'homme appelé à travailler en milieu radioactif contaminant peut nécessiter la mise en oeuvre d'un équipement spécial de protection individuelle, le vêtement ventilé, dont la fonction est d'assurer la protection de l'opérateur par une double barrière en légère surpression (*), tout en lui garantissant une fonction respiratoire normale et un confort thermique compatible avec un effort physique soutenu.

Cet équipement est bien connu, il est facile à mettre en oeuvre. Le sujet porte un masque à cartouche filtrante et une première tenue en coton. Il est ensuite revêtu d'une tenue étanche en plastique souple, à heaume transparent intégré, le vêtement ventilé proprement dit, qui est alimenté par un balayage d'air en légère surpression par rapport au milieu ambiant.

Ce vêtement ventilé est d'utilisation courante pour certaines interventions au C.E.A. Relativement confortable, dans le contexte de l'environnement hostile qui conditionne son emploi, il entraîne toutefois pour l'opérateur un certain nombre de contraintes qui en font un handicapé relatif, en limitant dans une certaine mesure ses perceptions sensorielles, son agilité et ses performances physiques, sans omettre l'inévitable composante neuropsychique induite par le confinement et le travail sous haut risque potentiel.

Le médecin du travail doit tenir compte de cet handicap relatif en situation de travail qui nécessite une aptitude et une surveillance médicale particulières.

(*) surpression de 1 à 10 millibars.

Dans cet exposé, après avoir rappelé les normes de la surveillance médicale systématique en vigueur au C.E.A., pour cette catégorie de travailleurs, nous nous proposons de décrire plus particulièrement l'action du médecin au C.E.A., dans le domaine de la surveillance des conditions de travail : contribution à l'étude ergonomique multidisciplinaire et suivi des opérations sur les lieux de travail.

Nous terminerons par les quelques remarques et interrogations dont peut faire état un médecin du travail habituellement concerné par ce type d'activités.

LA SURVEILLANCE MEDICALE SYSTEMATIQUE.

Pour le médecin du travail, le problème de l'aptitude au travail sous vêtement ventilé comporte deux volets :

- . La notion de handicap relatif en situation de travail, aspect ergonomique sur lequel nous reviendrons plus loin ;
- . Les caractéristiques du poste de travail portées sur la fiche de poste et de nuisances et qui déterminent directement les conditions d'aptitude.

Il s'agit donc d'un travailleur :

- classé directement affecté aux travaux sous rayonnements ionisants et soumis au risque contamination ;
- affecté à des travaux en vêtement ventilé
 - soit occasionnement
 - soit habituellement.

Pour un travailleur de l'industrie nucléaire, l'aptitude au travail sous vêtement ventilé doit être considérée comme la plus contraignante.

Le médecin du travail doit de plus tenir compte de l'équilibre neuropsychique du sujet (en fonction des connaissances qu'il peut en avoir).

Pour ce qui concerne l'âge au C.E.A., il n'y a pas de limite d'âge fixée impérativement. Toutefois, au-delà de 45 ans, seules les personnes entraînées et en bonne condition physique peuvent être éventuellement jugées aptes à effectuer des travaux sous vêtements ventilés.

La surveillance systématique s'appuie sur un modèle valable pour tous les services médicaux du travail du C.E.A.

On prend en compte :

La surveillance systématique du personnel classé D.A., c'est-à-dire :

- 2 visites médicales par an plus : 1 radiographie pulmonaire annuelle
 - 1 bilan hématologique semestriel
 - 1 électrocardiogramme tous les 3 ans.

La surveillance particulière aux travaux sous vêtements ventilés qui s'ajoute aux contrôles précédents :

- Pour les travaux occasionnels sous V.V. :

- 1 électroencéphalogramme à l'origine
- 1 contrôle ORL avec audiométrie tous les 3 ans
- 1 contrôle OPH tous les 5 ans
- 1 épreuve spirométrique tous les 5 ans.

- Pour les travaux habituels sous V.V., s'ajoutent :

- 1 électrocardiogramme tous les ans
- 1 consultation cardiologique tous les 3 ans
- 1 épreuve spirométrique tous les ans
- 1 épreuve d'effort tous les 2 ans (Epreuve de Ruffier-Dikson).

Par ailleurs, un contrôle médical est réalisé :

- après chaque accident professionnel
- après chaque incident professionnel
- après chaque maladie ou accident ayant entraîné une absence de plus de 3 jours
- sur demande de l'intéressé ou du chef d'installation.

L'ETUDE ET LA SURVEILLANCE DES CONDITIONS DE TRAVAIL.

La législation française fait obligation au médecin du travail de surveiller les conditions de travail.

Par ailleurs, les conditions de travail très particulières des interventions sous V.V. orientent très directement l'action du médecin du travail tant du point de vue de la surveillance systématique à son cabinet que du point de vue du suivi médical des intéressés sur le terrain.

Nous reviendrons donc plus longuement sur deux aspects fondamentaux des travaux sous V.V. que nous avons déjà signalés plus haut.

La notion d'"handicapé relatif".

Quel que soit l'effort qui a été fait pour assurer au mieux le confort physiologique du sujet sous V.V., son utilisation entraîne inévitablement pour le travailleur une réduction de ses capacités sensorielles, motrices voire psychologiques. Quelques exemples sont à cet égard significatifs :

La vue.

Malgré l'utilisation d'un masque panoramique, la présence d'un heaume solidaire de la tenue réduit le champ visuel dans les deux axes et exige de l'opérateur une compensation par des mouvements du thorax "tête bloquée".

L'ouïe.

L'ouïe est affectée par le recouvrement du heaume et par le port indispensable d'un écouteur pour les liaisons interphoniques avec les autres opérateurs et avec l'extérieur.

Le tact.

Le tact est altéré par le port de plusieurs gants de protection superposés et dont l'épaisseur est fonction des travaux à effectuer.

La motilité.

La motilité, l'agilité du travailleur sont inévitablement amoindries par le port de vêtements de protection multiples et par une certaine raideur de la tenue ventilée (malgré la grande souplesse des produits utilisés). De plus, l'ombilical d'alimentation en air respirable et interphone peut parfois poser quelques problèmes de déplacement dans des lieux exigus ou encombrés.

L'aptitude à l'effort.

Il est évident qu'entre un travail à l'air libre et le même travail en milieu hostile nécessitant le port d'un vêtement ventilé, l'aptitude à soutenir un effort prolongé ne sera pas la même.

Il y a : la gêne due à l'appareillage qui entraîne une fatigue physique supplémentaire ;

la gêne respiratoire entraînée par la perte de charge de la cartouche du masque.

L'oxygénation du sujet restant correcte dans la mesure où celui-ci sait augmenter son débit d'air dans la tenue au moment des gros efforts physiques. Tous ces facteurs modifient dans une certaine mesure l'aptitude à l'effort du travailleur.

Le facteur neuropsychique.

Il se présente à notre avis sur deux plans différents au cours du déroulement de la vie professionnelle de l'opérateur.

Dans un premier temps, le travail sous haut risque potentiel, l'équipement isolant, la rigueur imposée dans les méthodes de travail et dans les règles de sécurité sont autant de facteurs anxiogènes.

Dans cette période, l'opérateur nouveau surcompense et cherche son équilibre dans le recours au groupe professionnel. Le médecin du travail doit donc s'attacher à détecter le sujet anxieux latent, qui peut être amené à prendre des risques par impulsivité.

Au C.E.A., ce facteur est pris en compte et la règle vis-à-vis du futur opérateur sous vêtement ventilé est la suivante :

- d'une part, le former aux travaux qui vont être les siens, formation professionnelle pratiquée sous V.V., et dans une certaine mesure physiologique et médicale, à laquelle collabore directement le médecin ;
- d'autre part, modérer d'éventuelles attitudes impulsives par un encadrement d'opérateurs expérimentés.

Tout ceci nous semble maintenant bien connu, les principes de formation préalable et d'encadrement sont entrés dans les moeurs.

Dans un deuxième temps, et ce point nous semble beaucoup moins connu, pour un opérateur qui possède une assez longue expérience, le facteur neuropsychique se présente tout différemment.

Après une assez longue période de travaux sous vêtements ventilés, apparaît un comportement nouveau (l'homme en bulle) où l'anxiété n'est plus en cause. Bien au contraire, s'installe insidieusement un état de sur-confiance dans l'équipement et dans le savoir-faire professionnel, qui peut aboutir à une diminution de la vigilance et à un effacement de la notion de risque. Le sujet semble à ce point adapté à sa situation de travail et à son équipement de protection qu'il en vient à se sentir presque confortable et protégé par sa bulle.

C'est dans cette période que peuvent se produire des dérives de comportement vis-à-vis des méthodes de travail prévues, et des règles de sécurité. On peut voir ainsi apparaître chez des opérateurs hautement compétents des attitudes illogiques et dangereuses : phénomène que l'on retrouve aussi chez d'autres travailleurs en milieu hostile, les plongeurs sous-marins par exemple.

La parade dans ce cas nous semble beaucoup plus difficile. Il faut avoir recours à un contrôle extérieur des opérateurs par télé-surveillance visuelle et phonique sur laquelle nous nous proposons d'insister plus loin.

LA CONTRIBUTION DU MEDECIN DU TRAVAIL A L'ACTION ERGONOMIQUE.

Pour une intervention sous vêtement ventilé, le médecin du travail doit procéder dès la phase de conception à l'analyse détaillée des postes de

travail de manière à faire apparaître, et à faire prendre en compte les différents paramètres des futurs postes de travail et les contraintes humaines qui en découlent.

Sa démarche, pour être efficace, ne peut être menée isolément. Elle doit s'inscrire dans une étude plus générale, multidisciplinaire, classique pour des travaux spécialisés en milieu hostile, et à laquelle participent les responsables de l'installation, les responsables de l'intervention, les opérateurs et le médecin du travail lui-même.

Cette étude débouche sur une analyse de sûreté qui prend en compte les différents risques et contraintes et définit les méthodes et les moyens de sécurité qui seront mis en place sur le terrain.

A l'autre bout de la chaîne, c'est-à-dire au moment de la phase réalisation de l'intervention, le médecin du travail intervient dans la préparation des travaux en complétant sur le terrain ses études de postes pour que soient pris en compte les problèmes de fatigue physique et nerveuse.

Par ailleurs, il participe à la préparation des hommes et à leur entraînement, à leur nouvelle situation de travail.

A ce titre, le médecin du travail coopère au programme d'instruction des opérateurs en exposant "de façon simple, compréhensible pour des personnes de tous niveaux" les incidences physiologiques du port du vêtement ventilé, les précautions diététiques à respecter, les contre-indications temporaires au port du vêtement ventilé, l'organisation et le but de la surveillance médicale, et les quelques gestes d'urgence à connaître pour un secourisme adapté à ce type d'intervention.

Ce court programme d'enseignement simplifié nous semble très important, parce qu'il participe à la sécurité générale de l'intervention en informant directement les opérateurs sur la nécessité d'une certaine hygiène de vie et sur les contraintes humaines réelles de ce type de travaux.

LA SURVEILLANCE DES TRAVAUX SOUS VETEMENTS VENTILES EN PRATIQUE JOURNALIERE.

S'agissant de travaux sous haut risque potentiel, la sécurité prime (doit primer) toute autre considération.

Au C.E.A., elle repose essentiellement sur trois règles :

- Programmation précise des travaux à effectuer par chaque équipe en analysant préalablement les tâches et les contraintes auxquelles seront soumis les opérateurs ;

- Télé-surveillance visuelle, et au moins phonique, des opérations par un responsable situé à l'extérieur, et ne faisant pas partie des équipes d'intervention ;
- Limitation du temps d'intervention sous vêtement ventilé. Au C.E.A., la règle est de deux heures par journée de travail pour un même opérateur. Tout dépassement supérieur à deux heures trente minutes doit rester exceptionnel, étant soumis à un accord médical préalable, ceci pour tenir compte de la fatigue physique et nerveuse des opérateurs et de son incidence sur leur sécurité.

Par ailleurs, une surveillance médicale s'exerce systématiquement, c'est la tâche d'un infirmier du travail, à chaque entrée et sortie de zone des opérateurs. Son but est double :

- A l'entrée en zone, détecter par un contact direct avec les travailleurs d'éventuelles causes d'inaptitudes temporaires : état fébrile, méforme physique ou psychologique, repas trop abondants ou trop arrosés, etc...
- A la sortie de zone, apprécier la charge globale de travail et l'adaptation du sujet en comparant pouls/tension artérielle/poids aux mêmes paramètres relevés avant l'intervention.

Cette méthode très simple, nous semble validée par des années d'expérience et largement suffisante en pratique courante.

Elle ne s'oppose pas, bien entendu, pour des cas particuliers ou des études plus savantes, à la mise en oeuvre de méthodes plus sophistiquées (téléenregistrements en continu, par exemple).

CONCLUSIONS.

Au terme de notre exposé, strictement centré sur les problèmes pratiques des interventions sous vêtements ventilés, nous vous soumettrons les quelques remarques et interrogations d'un médecin du travail de l'industrie nucléaire, habituellement concerné par ce type d'activités.

Le difficile problème de la vigilance.

Dans les travaux sous haut risque potentiel, la sécurité des opérateurs repose en grande partie sur une organisation rigoureuse du travail et sur son contrôle par une autorité extérieure. Autant de facteurs qui laissent peu de place à l'initiative individuelle et pèsent sur les opérateurs.

Pour leur sécurité, ceux-ci doivent pourtant rester des exécutants intelligents, attentifs à leur propre sauvegarde, aptes à dialoguer si besoin est, avec l'autorité de contrôle.

Le danger serait que leur vigilance s'efface devant l'acceptation machinale de consignes reçues.

Ce problème n'est pas une vue de l'esprit et se rencontre en pratique courante. A notre avis, il ne semble pas y avoir de recette en ce domaine.

Avec la pratique, et dans la mesure où elle a pris conscience de la difficulté, c'est l'équipe elle-même qui parvient à trouver un juste équilibre ergonomique.

La prévention d'un risque réel - l'accoutumance.

Comme nous l'avons déjà signalé, on peut voir apparaître chez les opérateurs, après une longue période de travaux sous vêtement ventilé, une attitude de sur-confiance dans leur appareillage et dans leur savoir-faire qui peut déboucher sur une mauvaise appréciation des risques et sur des dérives de comportement d'autant plus dangereuses que les intéressés n'en sont pas conscients.

Pour parer à ce phénomène d'accoutumance, nous proposons de limiter à deux mois au maximum les périodes de travaux sous vêtement ventilé pour un même individu intervenant journallement, et de créer ensuite une rupture de plusieurs semaines par des activités normales.

Cette attitude nous paraît prudente. Elle n'est toutefois pas toujours facile à faire accepter en milieu industriel. Elle est fondée sur des constatations faites sur les chantiers. Il semble que ce rythme de deux mois corresponde à une tolérance moyenne, mais la question reste posée : s'agit-il d'une réalité liée à une limite de tolérance neuropsychique ou s'agit-il plus simplement d'un acquis culturel ? Une validation par une méthode ergonomique serait certainement intéressante.

SAMENVATTING.

De auteur geeft de opeenvolgende stappen in de selectie en het medisch toezicht van het personeel dat in drukkpakken werkt. Hij onderstreept de factoren die van deze werknemers relatief gehandicapt maken alsmede het belang van neuro-psychische factoren zoals waakzaamheid en gewoonte.

ABSTRACT.

The author describes the successive steps in selection and medical control of personnel working in pressurised suits. He emphasizes the factors which make relatively handicapped people from these workers and insists on the importance of neuropsychic factors such as watchfulness and habituation.

ZUSAMMENFASSUNG.

Der Autor beschreibt die aufeinanderfolgenden Phasen der Auswahl und der medizinischen Überwachung von Personal, das in belüfteten Schutzanzügen arbeitet. Er unterstreicht die Faktoren, die diese Arbeiter zu relativ Behinderten machen und mehr noch die Bedeutung von neuropsychischen Faktoren wie die Aufmerksamkeit und die Angewöhnung.

Annales de l'Association Belge de Radioprotection, vol. 5, n° 3 - 4 (1980).

THE PRESSURISED SUIT AND SOME CONSIDERATIONS LEADING TO THE DEVELOPMENT OF PHYSIOLOGICALLY SAFE WORKING CONDITIONS

Evans J.C.

United Kingdom Atomic Energy Authority, Atomic Energy Research Establishment, Harwell, Didcot, Oxfordshire, England

June 1980

ABSTRACT

The safe working environment of men wearing pressurised suits in the U.K.A.E.A. is based on the results of two experimental programmes, the first investigated the respiratory hazards, the second the assessment and control of the level of thermal stress. Both are described.

INTRODUCTION

1 The increasing use of radioactive materials lead to the development of the pressurised suit. This suit provides a means whereby a man can be protected from a highly contaminated environment and yet perform useful work. Preliminary experiments were carried out using a naval pattern frog suit but the differences in the problems associated with diving and protection against radioactive contamination were soon appreciated. By 1955 two types of suits had been sufficiently well developed to be considered as standard: the natural rubber suit and the PVC one. Many ad hoc experiments have been carried out to ascertain the safety and comfort of people wearing pressurised suits but no comprehensive data were available until A B Davis⁽¹⁾ carried out a more scientific study in the U.K.A.E.A.

EXPERIMENTAL PROGRAMMES

2 In this study Davis set out to demonstrate:-

- (1) the efficiency of protection for the wearer against the hazards, which can be both static and airborne;
 - (2) the comfort to the wearer under conditions of very hard work;
- and (3) the relationship between the supply of breathing air and respiratory toxic hazards.

3 The variables in the investigation were:-

- (1) the carbon dioxide content of the air at various points in the suit;
- (2) the oxygen content of the air;
- (3) the water content;
- (4) the air pressure;

and (5) the temperature difference between the air entering and leaving the suit.

4 The study was divided into three categories: light work, heavy work, and heavy intermittent work, with rest periods between, each category lasting ten minutes. This was done both with the PVC suit and the rubber suit. Three airflows were used, 42 l/min, 85 l/min and 140 l/min. The results are shown in Figures 1 and 2. They demonstrate conclusively that flow rates of 42 l/min should not be used since both the carbon dioxide and oxygen levels are well into the danger region. The Mines & Quarries Act of 1954 laid down that if the carbon dioxide content exceeds 1.25% v/v and/or the oxygen content is less than 19% v/v then the atmosphere shall be deemed unsuitable for breathing. Thus, the Davis study demonstrated how the respiratory toxic hazards can be overcome by choosing a suitable flow rate. He did not, however, attempt to assess the tolerance to heat other than to enquire whether or not the man was comfortable.

5 There have been many investigations into the effects of heat on working conditions and a number of indices obtained. The most relevant in this context is the investigation of Lind⁽²⁾ who developed the W.D. Index. This index was devised to apply to specific circumstances of work and climatic stress associated with the hot and humid environments in which mines' rescue personnel work following underground fires or explosions. In such conditions, men are unable to achieve bodily thermal equilibrium and the duration of their tolerance times reflects the rate of accumulation of harmful amounts of heat in the body. These extremely hot conditions are often associated with enclosed spaces and poor ventilation. Conditions of extreme heat result from a combination of the body's metabolic heat and the environmental heat stress. Heat exchanges occur between the surface of the body and its environment by convection, radiation and evaporation.

Heat changes by conduction are so small they can be ignored. The sum of the heat exchanges through these channels, along with the metabolic heat, determine whether the body can maintain a heat balance and thereby hold its temperature in equilibrium. The important physiological responses to exposure to extreme heat are: the changes in the cardiovascular system and in the sweating mechanism. The cardiovascular system is responsible for transporting the heat from the deep tissues of the body to the skin where all the heat exchanges occur between the body and the environment. The sweating mechanism is the body's main line of defence against overheating and the quantity of sweat poured onto the skin is normally adjusted to allow enough heat to be lost by evaporation to maintain bodily thermal equilibrium. In conditions of extreme heat the efficiency of the system is overcome, either by exposure to conditions where the environment is so humid that insufficient evaporation can occur, so that much of the sweat drips off the skin, or when the heat load from convection and radiation is so high in very hot climates that the sweat glands cannot produce enough fluid to maintain heat balance by evaporation. From a practical point of view, it is necessary to determine the safe exposure times for men who have to work at known rates in known climatic conditions.

6 Using the W.D. Index which is equal to $0.85W + 0.15D$, where W and D are the wet and dry bulb temperatures respectively, a series of experiments was undertaken to determine tolerance times in a wide range of hot and humid environments over a range of saturated to non-saturated conditions with a constant air movement of approximately 45-60 m/min in standard clothing. The overall conditions of work and climate were too severe to fall within the range of the predicted four hour sweat rate scale of McArdle⁽³⁾ and, although conditions are represented on the effective temperature scale⁽⁴⁾ it was not considered suitable in the severe conditions of the experiment. This index satisfactorily related climates in which the groups of men were able to tolerate the heat for about the same length of time in the stated conditions of the investigation.

7 When Lind applied the W.D. Index to results obtained by other investigators⁽⁵⁾ he found a satisfactory relationship. Despite the fact that in the various experiments the amount of clothing worn varied and the air movement ranged from nearly still air to 80 m/min, and the climates from saturated environments to very hot dry conditions, with

variations in the energy expenditure from sitting to 380 k.cal/hr, the W.D. Index showed a smooth hyperbolic relationship with tolerance times, see Figure 3. However, note the enclosed symbol, an experiment reported by Iampietro⁽⁶⁾. He increased the air movement from 80 m/min to 268 m/min and reduced the tolerance time by nearly 20 minutes from an appropriate point on the curve for seated men. The climate concerned had an air temperature higher than skin temperature and with humidity so high that evaporation was retarded, so the increase in air movement increased the rate of heat gain by radiation and convection. These are average tolerance times and Lind recommended that safe tolerance times be accepted as three quarters the average times or minus twice the standard deviation.

8 When using the predicted four hour sweat rate criterion, Marriott⁽⁷⁾ reported that a 2% loss of body weight due to voluntary water deficit is symptomless apart from thirst, while Hill⁽⁸⁾ in the glass industry has reported that exhaustion is reached at about 2% loss of body weight due to sweating if this loss is in 30-40 minutes heat exposure, and that this may occur without really high pulse rates or rectal temperatures.

9 The most relevant work on thermal stress in pressurised suit workers was carried out in the Authority by Rowlands⁽⁹⁾ utilising the W.D. Index developed by Lind. He regarded the pressurised suit as a peculiarly shaped flexible room inside which a man works dressed in light clothing. Therefore, the parameters already discussed can be utilised. Rowlands developed this in a programme of experiments investigating the basic principles of the thermal situation and from the results developed three formulae. Two of these provide a means of predicting the level of thermal stress which is quantified as an index in given work situations. The third formula predicts the rate of sweating. Control charts based on the formulae can be developed for a variety of conditions whereby the appropriate supply of breathing air can be chosen to maintain thermal conditions in the comfortable zone where the body temperature is unlikely to exceed 37.8°C (100°F) and the rate of sweating about 400 grammes/hr. In performing manual work the man generates heat which must be dissipated rapidly enough so that he can maintain bodily thermal equilibrium at a safe body temperature. Heat is removed from the man's surface by convective cooling and by the evaporation of sweat to the air circulating

through the suit. Further heat exchanges occur between the outside surface of the suit and the environment of the workplace. The ultimate criteria for safe working are the physiological strains resulting from the stress, indicated by the man's physiological response of body temperature, heart rate, sweat rate and rate of energy expenditure. Continued exposure to heat stress at levels below those which are directly harmful can induce a deterioration in human performance, declining vigilance and loss of manual dexterity.

10 In the experiment the volunteer subject was weighed, nude, and wired with a number of thermocouples (copper constantan) which included a rectal thermocouple, dressed in underclothing and then in a pressurised suit to which further thermocouples were attached. A heart rate detector was also positioned and the fresh air supply to the suit was measured through a flow meter. After a ten minute acclimatization period, he walked on a treadmill for a further period of sixty minutes, after which he was allowed to rest for another ten minutes. He was then undressed and weighed again nude. Seven thermocouples were used to measure the rectal temperature, the temperature of the skin, the air within the suit, the suit inside and outside surfaces, the air inlet and outlet. The air inlet and outlet was analysed for oxygen, carbon dioxide and water vapour. The laboratory environment was monitored, the air and globe temperatures recorded, as was the barometric pressure. The subject commented on his comfort at various stages throughout the experiment. Four types of pressurised suit were investigated: the rubber suit, the unventilated PVC, the ventilated PVC, and the standard ventilated PVC suit. The air supply rate was set at various levels from 85 l/min through to 280 l/min. The results show, see Figure 4, that during the first few minutes of the hour the rectal temperature fell slightly and thereafter rose above the initial value. If conditions allowed thermal equilibrium of the body to be attained the rate of rise of rectal temperature declined with time and a steady value was reached within the hour. Skin temperature rose initially and then fell as the cooling effect from the evaporation of sweat became effective. A response time of twenty minutes was demonstrated, during which the subject warmed up to his task and the sweat rate increased, after which it remained fairly constant. There appeared to be a similar time interval at the end of the walk when sweating declined. Oxygen

consumption and carbon dioxide production rose, reflecting an increased metabolic rate as the muscular effort changed from resting to walking. Both fell when rest was resumed. The heart rate increased rapidly within the first few minutes of commencing exercise and then remained fairly steady at the higher value during the exercise, falling rapidly when walking ceased. The thermal situation can be expressed as a formula, shown in Table I. This is, in effect, a heat balance equation. Table II shows the state of thermal balance. In nine cases out of ten the values are within two standard deviations of the value of M and Rowlands considered the validity of the heat balance equation established.

11 The thermal environment within the suit is the physiological stress to which the man is subjected and this can be characterised by the temperature and humidity of the air within the suit, giving an index of thermal stress which is the same as the one used by Lind. Having established the validity of the heat balance equation, Rowlands formulated a relationship between the index of thermal stress and parameters similar to those on which the heat balance equation is based. Table III shows this equation and Table IV gives the definition of the functions of X to X_5 . Table V shows the experimental range in the functions used to predict the value of the index of thermal stress. Rowlands then compared the actual values of the index of thermal stress with those predicted by the formula and found a correlation coefficient between them of 0.907 ($P < 0.001$). Standard error on the predicted value of the index of thermal stress is 0.867 and the 95% confidence limits are ± 1.734 .

12 The third formula derived predicts the suit wearer's loss of weight through sweating, see Table VI.

13 The formulae discussed are based on data from experiments which involved the same man who weighed 64 kg. Confirmatory experiments were carried out using an 80 kg man wearing a prototype ventilated PVC suit and a 55 kg man wearing the rubber suit. For these experiments the formulae were applied using data obtained from the measurements of the physical situation at the time to calculate the rates of supply of air to the suits necessary to produce a predetermined level of thermal stress. These air supply rates were then used for the experiments which were carried out in the same manner as the previous ones. The results, averaged over the last thirty minutes of the hour of walking, are shown in Table VII which compares

the actual with the predicted. In all cases, the actual values are within 95% confidence limits on the predicted values.

14 These formulae provide a means of evaluating the level of thermal stress and sweat rate in men working in pressurised suits. They therefore provide a means of assuring safe working conditions utilising information available in actual pressurised suit facilities. For a particular operation, the following data would be available:-

- (1) the temperature and humidity of the breathing air supply;
- (2) the nature of the work task;
- (3) the thermal conditions prevailing in the workplace and the type of pressurised suit used;
- (4) the available rates of supply of breathing air.

The temperature of the breathing air supply at the point of entry to the suit is probably much the same as the temperature of the workplace. The humidity of the breathing air is usually about 20% relative humidity. At a temperature of 20°C and standard barometric pressure - this corresponds to 0.46 volumes % water vapour. The other requirement of the formula is knowledge of the man's rate of metabolic heat generation in k.cal/hr. The relationship between different grades of muscular work and energy expenditure ranges, as well as the variation of energy expenditure with body weight for particular work tasks, has been investigated by Brown et al⁽¹⁰⁾ and Passmore et al⁽¹¹⁾. During physical work the body converts only about 20% of its chemical energy to mechanical power, the other 80% appearing as heat. Table VIII shows such energy expenditure in three categories of work for two types of pressurised suit. Thus, if the nature of the work task to be performed is known, the appropriate energy expenditure range can be chosen. For convenience, Rowlands divided the index of thermal stress into four zones representing conditions which are physiologically comfortable, tolerable, barely tolerable and intolerable, see Table IX.

15 Figure 5 gives an example of a control chart for a standard PVC pressurised suit. From the graph the manager of a pressurised suit operation may decide the appropriate rate of supply of breathing air under the prevailing conditions. For example, for a metabolic energy expenditure of 250 k.cal/hr, heat expenditure 200 k.cal/hr, an air supply rate of 85 l/min would provide a value for the index of thermal stress of 27.3°C

and a weight loss through sweating of 465 grammes/hr. With the same energy expenditure, 113 l/min would provide an index of thermal stress of 23.1°C and weight loss through sweating of 360 grammes/hr. If this moderate work task was increased to a metabolic energy expenditure of 400 k.cal/hr (metabolic heat 320 k.cal/hr) then 283 l/min would be required to maintain the same level of thermal stress and sweat rate. Figure 6 shows a similar control chart constructed with the temperature of the workplace as the abscissa for a standard PVC pressurised suit. For a temperature of workplace of 15°C , 85 l/min breathing air provides a value for the index of thermal stress of just over 25°C and a sweat rate of just over 400 grammes/hr. A rise of 10° in the workplace temperature to 25°C shows that an air supply of 283 l/min would be required to provide the same values. From his work Rowlands showed that an increase in relative humidity of the breathing air increases the index of thermal stress. This increase in relative humidity is associated with a decrease in the amount of sweating. In the same way, a fall in the temperature of the breathing air supply lowers the index of thermal stress.

16 From this experimental work Rowlands concluded that the most suitable value for the index of thermal stress is 25°C , corresponding to conditions near the top of the zone of thermal comfort. Under these conditions there is no need to limit the time of exposure of the man and his physiological responses are likely to result in his body temperature equilibrating at a value less than 37.8°C (100°F), with a weight loss through sweating of about 400 grammes/hr.

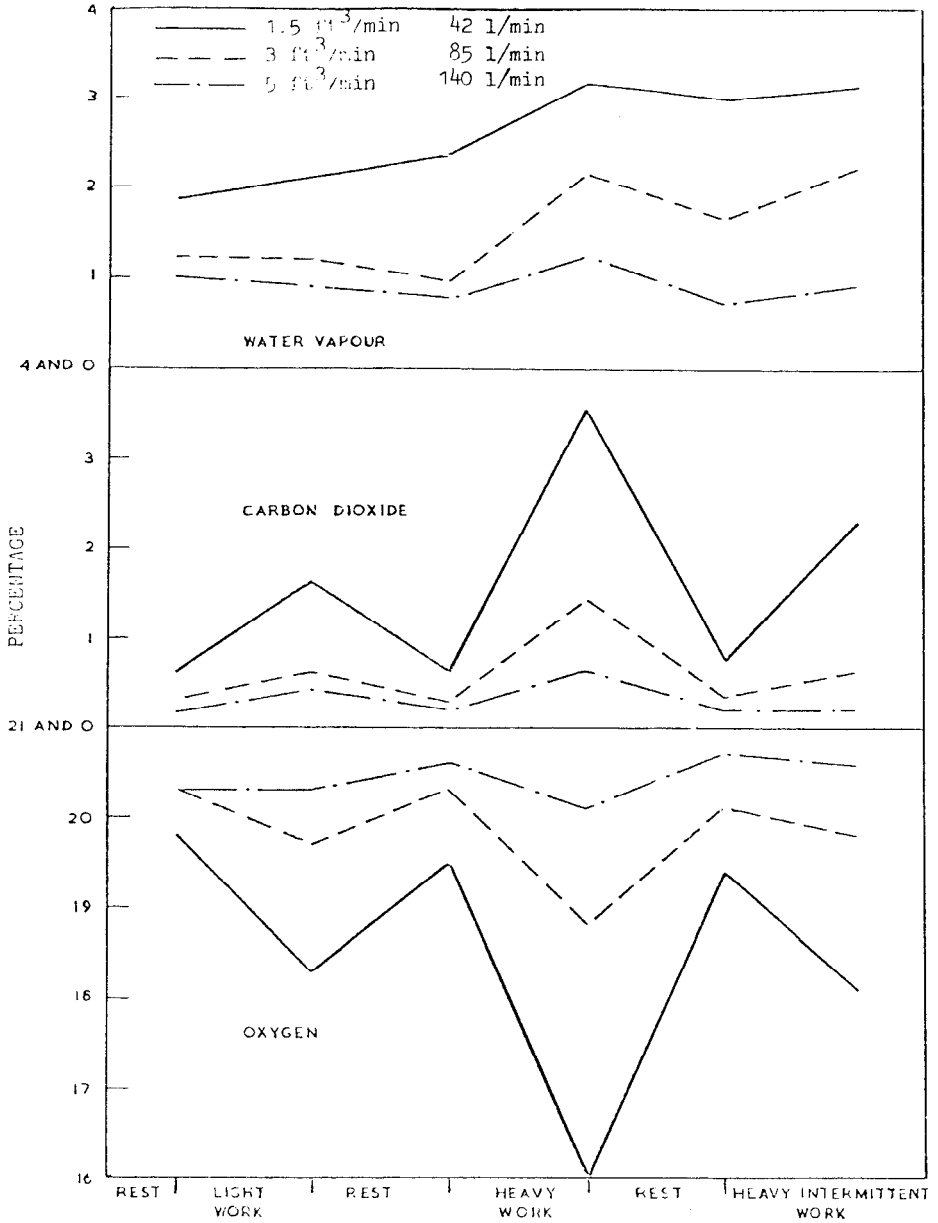
THE U.K.A.E.A. PRESSURISED SUIT

17 The current pressurised suit used in the Authority is either the one-piece back entry or the two-piece double layer PVC suit. At Harwell, the one-piece suit is favoured. Figure 7 shows a diagram of the suit. The air line enters at the back and delivers the air to the top of the suit from which it then passes downwards across the face and is exhausted through non-collapsible ducts in a channel inside the two layers of the PVC. This ensures ventilation in all four extremities. The stockings and gloves are integral parts of the suit over which are worn rubber boots and rubber gloves. The communication system, microphone and earphones, are also an integral part of the suit to avoid unnecessary friction. This is

a modification both on the boom microphone and on the throat microphone. Glasses, if worn, are taped to the head to prevent slipping off. In the event of failure of the air supply, there is an emergency compressor which can be brought into use immediately and should this fail there is an emergency breathing tube through an absolute filter which allows satisfactory breathing to take place while the man is removed from the facility. The Atomic Energy Authority has standard specifications for the construction of all parts of the suit and there is a Code of Practice which standardises all aspects of pressure suit work, from the changing room facilities to the procedure for dressing the pressure suit worker, supervising him while at work, and undressing and monitoring him on completion of the work task. His dress within the suit and the monitoring equipment he carries is also standardised. My own experience of the present pressurised suit has shown me that there is very little danger of adverse reactions, even in the event of losing the air supply. I was able to disconnect my own air supply and walk up two flights of stairs and into a laboratory facility, and actually start doing work without noticing any change in the quality of the air. It was the concern of the supervisor, which is of course his responsibility, which re-established my air supply, rather than any distress on my part.

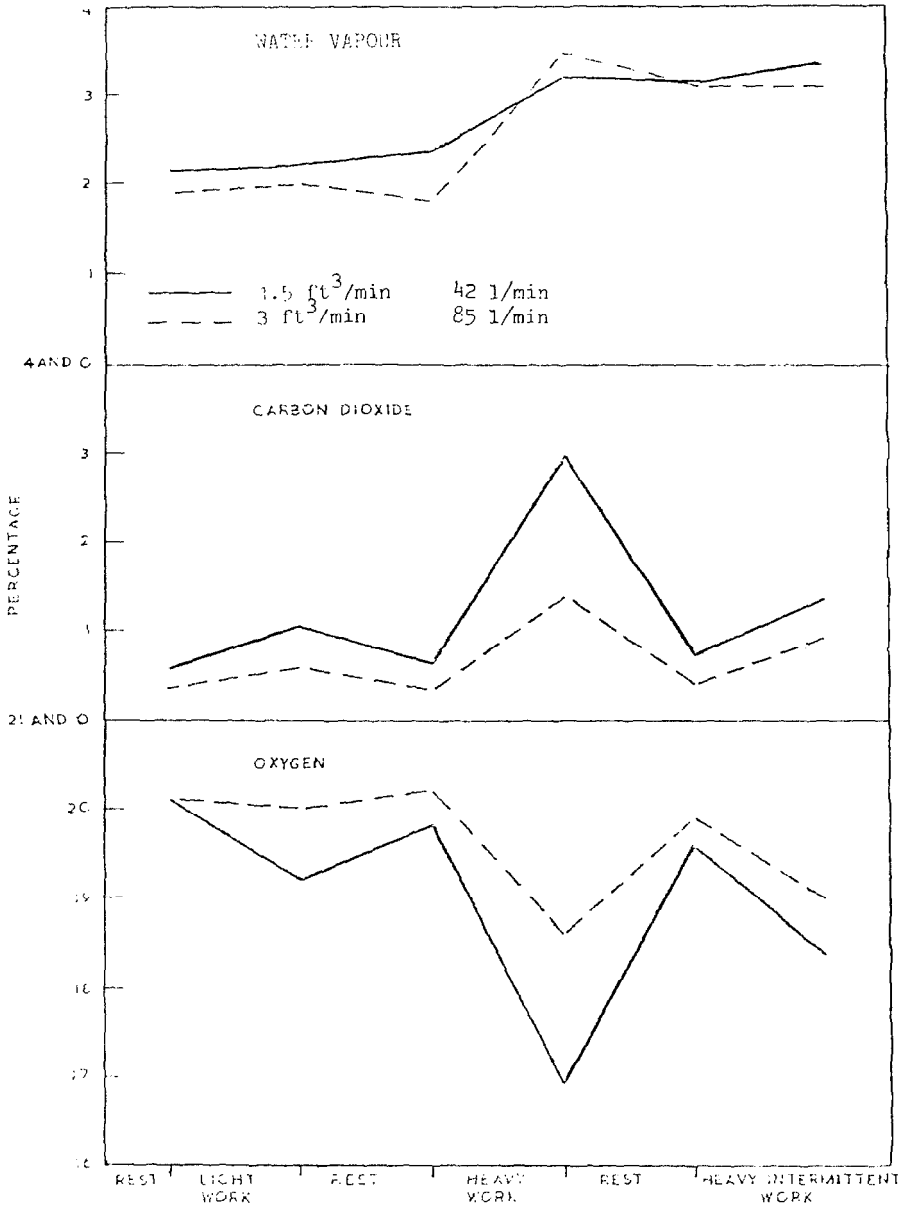
REFERENCES:

- (1) DAVIES, A.B., A.W.R.E. O-50/61 (1962)
- (2) LIND, A.R. ET AL, National Coal Board Med. Res. Memo. No. 1, National Coal Board, London (1957); and
LIND, A.R., Man's Tolerance to Extreme Heat, Joint Meeting BOHS, ERS and SOM, 1967. Davies: The Effects of Abnormal Physical Conditions at Work.
- (3) McARDLE, B. ET AL, The P4SR Index, Med. Res. Coun., London, R.N.P. REP47/391, 1947
- (4) HOUGHTON, F.C. and YAGLOGLOU, C.P., J.Am. Soc. Heat & Vent. Eng., 29, 515, (1923)
- (5) McCONNELL, W.J. and HOUGHTEN, F.C., J.Am. Soc. Heat & Vent. Eng., 1923
BLOCKLEY, W.V. and TAYLOR, C.L., Heat. Pip. Air Condit., 21, 111, (1949)
ELLIS, F.P., FERRES, H.M. and LIND, A.R., J. Physiology, London, 125, 61P (1954)
LIND, A.R. and HELLON, R.F., J.Applied Physiology, 11, 35 (1957)
PROVINS, K.A. ET AL, Ergonomics, 5, 93 (1962)
- (6) IAMPINETRO, P.F. ET AL, J. Applied Physiology, 16, 409 (1961)
- (7) MARRIOTT, H.L., Water and Salt Depletion, Oxford, Blackwell (1950)
- (8) HILL, J.W., Applied Problems of Hot Work in the Glass Industry, Joint BOHS, ERS and SOM (1967)
- (9) ROWLANDS, R.P., A.H.S.B.(R.P.)R.70 (1966)
- (10) BROWN, J.R. and CROWDEN, G.P., Brit. J. of Indust. Med., Vol.20, 277 (1963)
- (11) PASSMORE, R. and DURNIN, J.V.G.A., Physiolog. Reviews, Vol.35, 801 (1955)



RUBBER SUIT

FIGURE 1



PVC SUIT

FIGURE 2

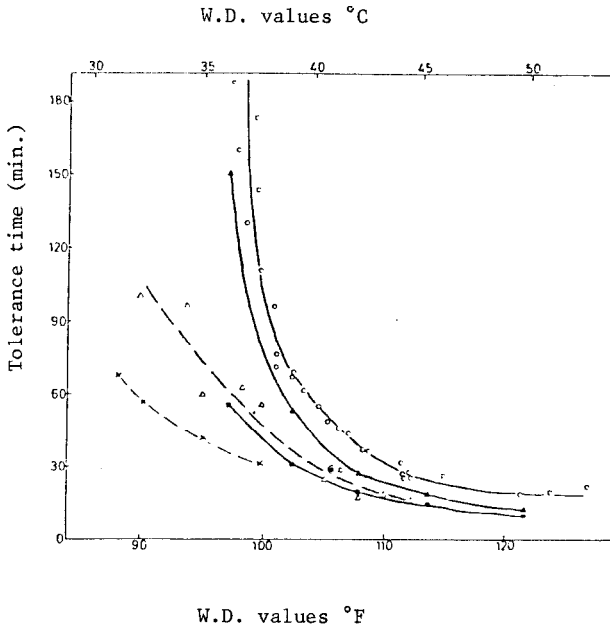


Fig. 1 : Average tolerance times of men seated (o) and at energy expenditure of 125 kcal/hr (▲), 180 kcal/hr (Δ), 280 kcal/hr (■) and 380 kcal/hr (x). The symbol ⊙ represents the average tolerance times of seated men when the air movement was 880 ft/min. ; the remaining results for seated men are drawn from conditions where the air movement did not exceed 300 ft/min. It is important to note that "safe" tolerance times should be taken to be 75 per cent of the average times shown in this figure.

FIG. 3

By courtesy of Churchill Livingstone, Edinburgh.

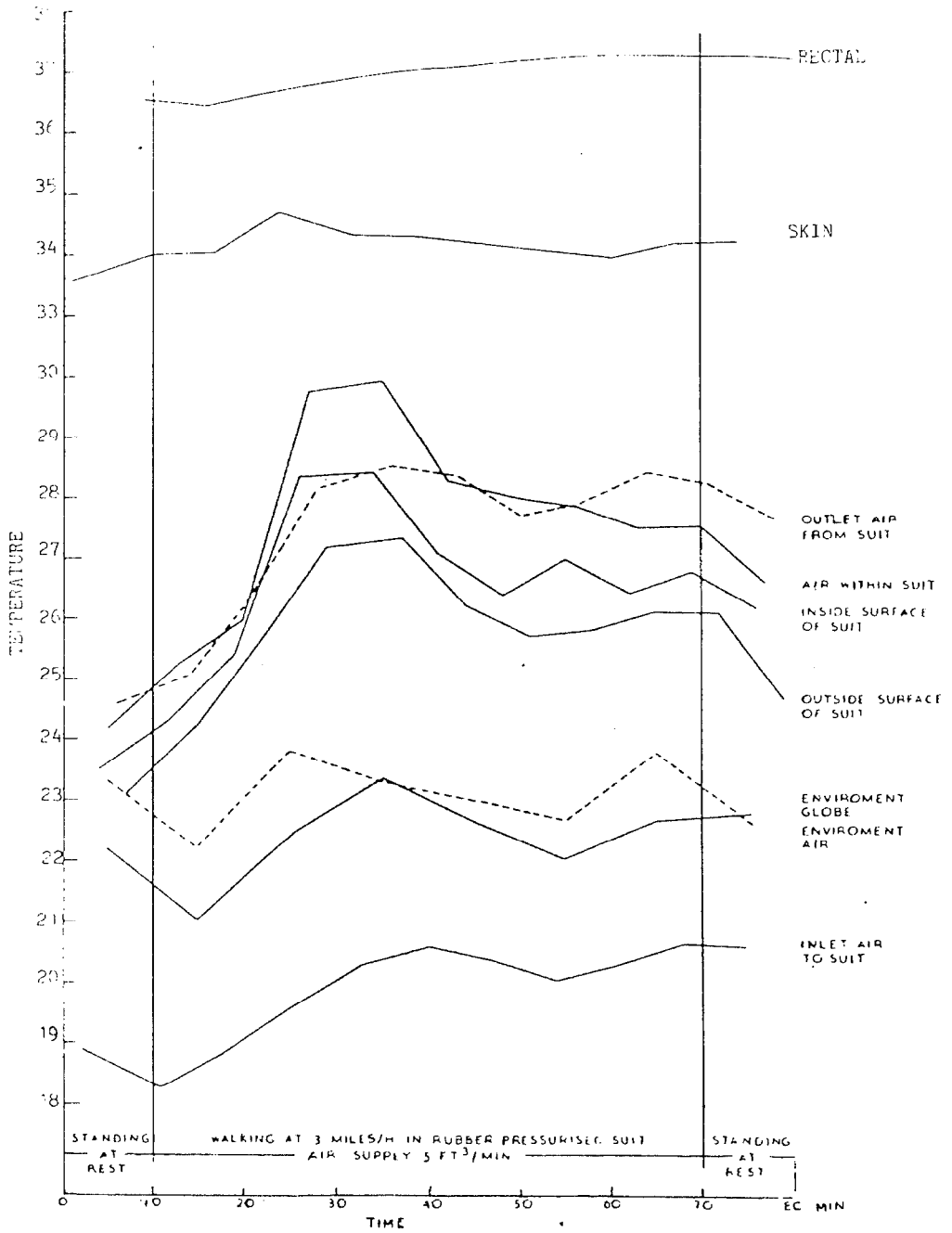


FIGURE 4

TABLE ITHE THERMAL SITUATIONA HEAT BALANCE EQUATION

$$M = E + C_1 + C_2 + R + S_1 + S_2$$

HEAT GAIN

M = Rate of metabolic heat production (k.cal/hr)

HEAT LOSSES

E = Rate of evaporative cooling water vapour - exhaust air (k.cal/hr)

C_1 = Rate of convective cooling (man) (k.cal/hr)

C_2 = Rate of convective cooling (suit) (k.cal/hr)

R = Rate of radiative cooling (suit) (k.cal/hr)

HEAT STORED

S_1 = Rate of heat accumulation by man (rise in body temperature)
(k.cal/hr)

S_2 = Rate of heat accumulation by pressure suit (k.cal/hr)

TABLE II

The state of thermal balance

(averaged over the last 40 min of the 1 h walk on the treadmill, units, kcal/hr)

Experiment No.		1	2	3	4	5	6	7	8	12	13
HEAT GAIN M	Mean Metabolic Heat	337.9	305.1	333.7	302.3	251.1	256.6	280.9	250.3	240.7	310.9
	(Standard Deviation)	22.1	19.2	38.0	21.3	8.3	11.9	60.7	16.7	20.8	26.7
HEAT LOSS E + C ₁ C ₂ R	Removed with exhaust air	125.1	110.2	188.6	148.3	98.1	113.9	148.1	156.2	143.2	115.2
	Convection, suit to workplace	79.8	107.3	60.2	90.6	79.9	53.8	92.9	48.1	71.1	89.8
	Radiation, suit to workplace	87.4	109.4	49.8	87.0	90.4	70.7	80.3	58.3	66.8	86.2
HEAT STORED S ₁ S ₂	By the man	16.0	17.0	-10.8	-15.3	-10.1	10.1	-32.3	-19.9	31.2	16.2
	By the suit	-9.4	3.0	10.5	0.7	0.7	0.3	-2.2	-7.1	0.9	5.6
M - (E + C ₁ + C ₂ + R + S ₁ + S ₂)		39.0	-41.8	35.4	-8.0	-7.9	8.0	0.1	0	-74.5	-4.3

TABLE III

Formula for predicting the level of thermal stress (X_5) on the wearer of the pressurised suit is:-

$$\begin{aligned}
 X_5 = & 0.9026 (X_1 + 1)^{0.7944} + 0.0446 (X_2 + 1)^{0.8728} \\
 & - 0.0027 (X_3 + 1)^{1.4108} + 7.0195 (X_4 - 2.002)^{-1.461} \\
 & + 14.6641
 \end{aligned}$$

TABLE IV

Where the variables X_1 - X_5 are:-

X_1 represents the temperature and humidity of the breathing air supply to the suit, weighted mean of dry and wet bulb temperatures in $^{\circ}\text{C}$

X_2 is the man's rate of production of metabolic heat in k.cal/hr

X_3 is the rate of exchange of heat by convection and radiation between the outside surface of suit and environment in k.cal/hr

X_4 is the rate of supply of breathing air to suit in ft^3 per minute

X_5 is the index of thermal stress in $^{\circ}\text{C}$

TABLE VVARIABLES IN THE EQUATION WHICH PREDICTS
THE VALUE OF THE INDEX OF THERMAL STRESS

- X_1 varied between 7.75 and 15.62°C
 X_2 varied between 230.3 and 337.9 k.cal/hr
 X_3 varied between 91.3 and 228.9 k.cal/hr
 X_4 varied between 2.963 and 9.949 ft³ per minute
 X_5 varied between 23.93 and 30.99°C

TABLE VITHE FORMULA FOR PREDICTING THE
SUIT WEARER'S LOSS OF WEIGHT THROUGH SWEATING

$$W = 1.486 (100 - a)(b - a)$$

where W is weight loss in grammes/hour

a is water vapour content of breathing air in volumes %

b is water vapour content of outlet air in volumes % assuming that the air emerges saturated with water vapour at a temperature in °C equal to index of thermal stress

TABLE VII

Expt. No.	Index of thermal stress		Suit surface temp.		Weight loss through sweating	
	Actual ($^{\circ}\text{C}$)	Predicted from formula ($^{\circ}\text{C}$)	Actual ($^{\circ}\text{C}$)	Predicted from formula ($^{\circ}\text{C}$)	Actual (g/h)	Predicted from formula (g/h)
12	24.43	25.99	24.47	25.95	290	285
13	24.56	25.52	26.14	26.01	303	359

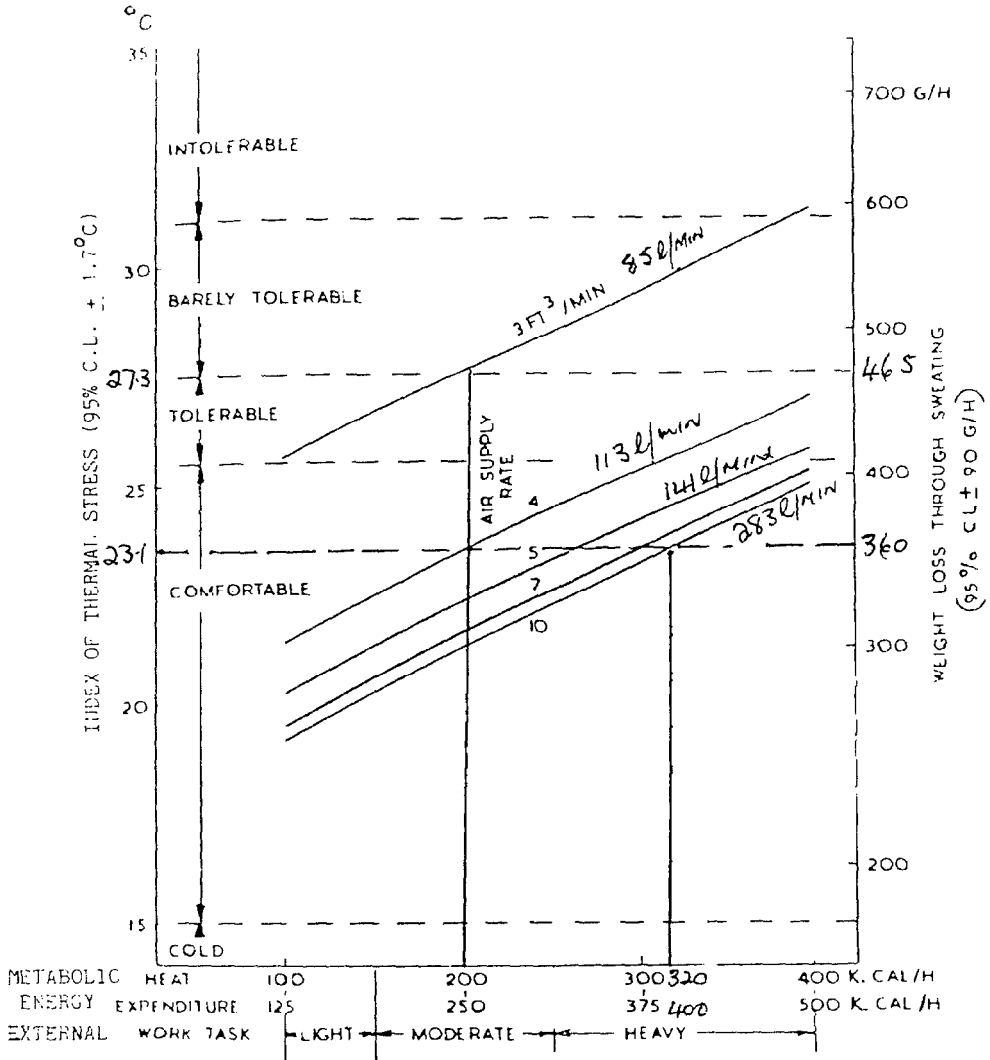
TABLE VIII

Nature of external work task	Standard rubber suit		Standard P.V.C. suit	
	Energy expenditure (k.cal/h)	Metabolic heat (k.cal/h)	Energy expenditure (k.cal/h)	Metabolic heat (k.cal/h)
Light	150-225	120-180	125-190	100-150
Moderate	225-375	180-300	190-310	150-250
Heavy	375-600	300-480	310-500	250-400

TABLE IX

DIFFERENT SEVERITIES OF HEAT STRESS

1. Comfortable
 $25.5^{\circ}\text{C} > \text{W.D. index} > 15^{\circ}\text{C}$
2. Tolerable
 $27.5^{\circ}\text{C} > \text{W.D. index} > 25.5^{\circ}\text{C}$
3. Barely Tolerable
 $31.0^{\circ}\text{C} > \text{W.D. index} > 27.5^{\circ}\text{C}$
4. Intolerable
 $\text{W.D. index} > 31.0^{\circ}\text{C}$

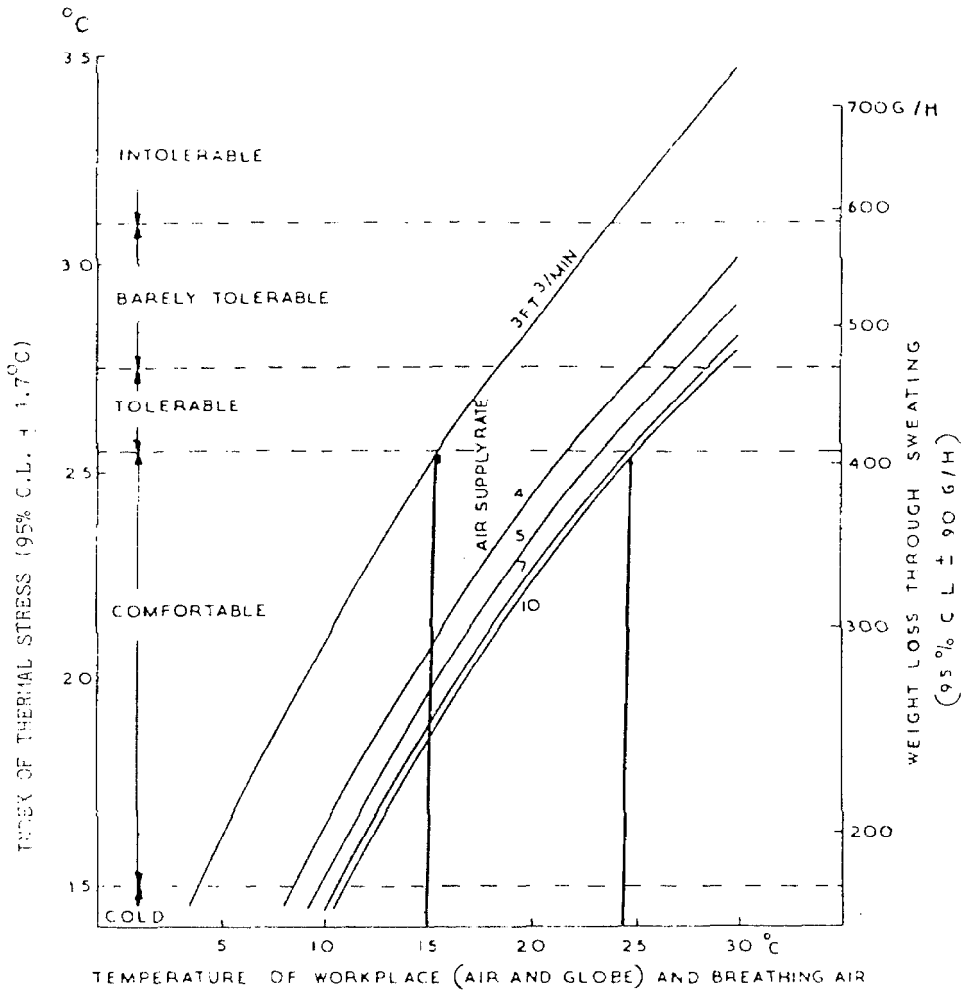


STANDARD P.V.C. PRESSURISED SUIT

BREATHING AIR: TEMP. 20°C, WATER VAPOUR CONTENT 0.46 VOL. %

WORKPLACE AIR AND GLOBE TEMP 20°C

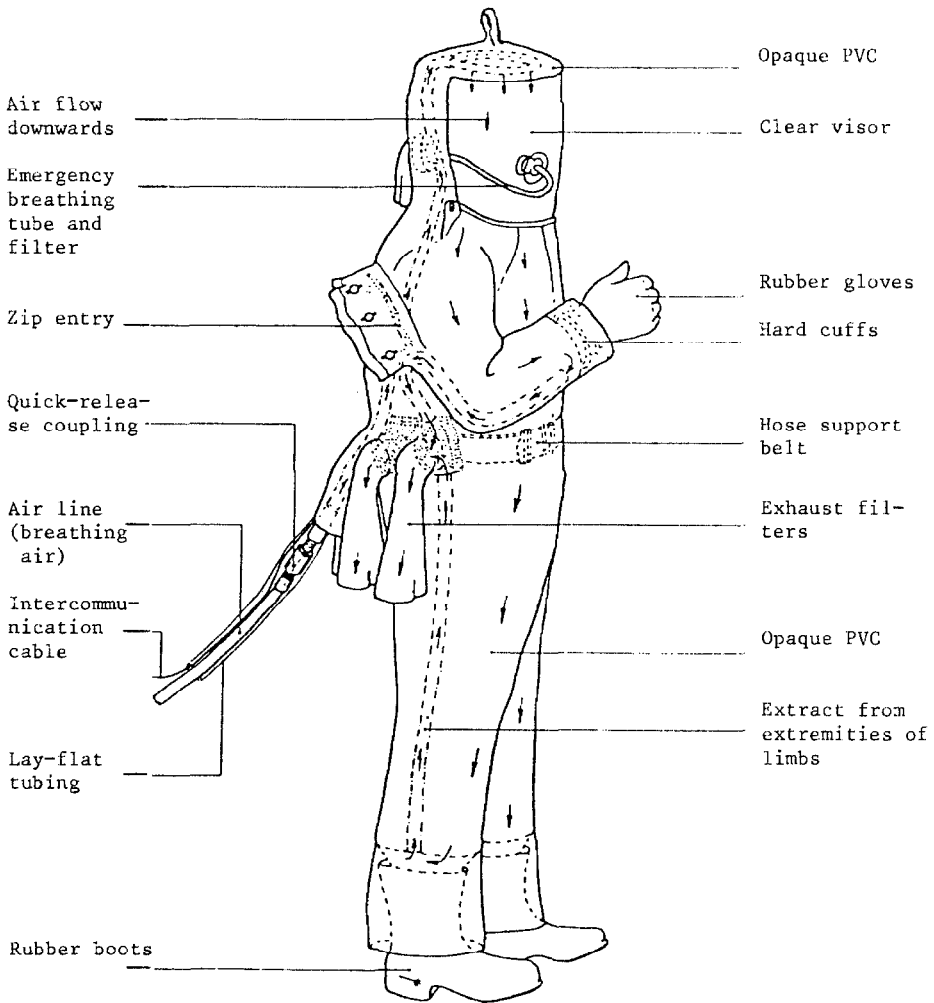
FIG. 5



STANDARD P.V.C PRESSURISED SUIT

ENERGY EXPENDITURE 310 K.CAL / H (MODERATE TO HEAVY WORK)
BREATHING AIR WATER VAPOUR CONTENT 0.46 VOL %

FIG. 6



TYPICAL ONE-PIECE PRESSURIZED SUIT

FIGURE 7

RESUME

La sécurité du travail en vêtements ventilés se base à l'UKAEA sur les résultats de deux programmes expérimentaux. Le premier de ceux-ci a traité des dangers respiratoires, le second de l'estimation et du contrôle du niveau du stress thermique. Les deux programmes sont décrits.

SAMENVATTING.

Een veilige omgeving voor werkers in drukpakken berust in de UKAEA op resultaten van twee experimentele onderzoeksprogramma's. In het eerste heeft men de gevaren voor de ademhalingsfunctie onderzocht. In het tweede heeft men metingen en controle van het niveau van de warmtestress trachten te benaderen. Beide programma's worden beschreven.

ZUSAMMENFASSUNG.

Im UKAEA gründen sich die sicheren Arbeitsbedingungen für Arbeiter in Druckschutzanzügen auf die Resultate von zwei experimentellen Programmen, von denen das erste Atmungsgefahren untersuchte und das zweite der Ermittlung und Kontrolle der Höhe des thermischen Stresses diente. Beide Programme werden beschrieben.

Annalen van de Belgische Vereniging voor Stralingsbescherming, Vol.5, n°3-4 (1980).

STRALINGSCONTROLE ERVARINGEN MET DRUKPAKWERKZAAMHEDEN TE PETTEN.

Sanderse, R.W.

Energieonderzoek Centrum Nederland, Postbus 1, 1755 ZG Petten,
Nederland.

Juni 1980.

SAMENVATTING.

Vanuit het gezichtspunt van de stralingscontrole worden de drukpakwerkzaamheden te Petten belicht. Allereerst wordt er een indruk gegeven waar en hoe vaak er in een drukpak werkzaamheden worden verricht en vervolgens worden enkele eisen welke gesteld worden aan de drukpakwerker, alsmede de werking van het gebruikte drukpak genoemd.

Vervolgens wordt het gebruik van een drukpakwagen vermeld en het schoonmaken van het gebruikte pak. Ten slotte worden enkele stralingscontrole ervaringen gememoreerd.

1. INLEIDING.

Bij het Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN), alsmede bij het Gezamenlijk Centrum voor Onderzoek (CCO) te Petten worden regelmatig werkzaamheden verricht in drukpak. Het drukpak dient dan als bescherming van de werkers tegen de risico's van inwendige besmetting. De radiologische begeleiding van deze werkzaamheden wordt uitgevoerd door de Stralingscontroledienst van het ECN, welke een onderdeel van de Gezondheidsbeschermingsafdeling (GBA) is.

Deze werkzaamheden worden verricht op de volgende plaatsen:

1. Bij de Groep Radioactief Afval gedurende ongeveer 2 dagen per week voor de bediening van de pers voor laag radioactief afval. Sinds kort is men overgeschakeld op een geheel geautomatiseerde pers en wordt er alleen drukpakwerk verricht voor reparatie en onderhoud aan de pers.
2. Bij de Groep Radioactief Afval voor het decontamineren van zeer besmette voorwerpen, zoals handschoenkasten en dergelijke met een gemiddelde frequentie van een halve dag per week.
3. Bij het Laboratorium voor Sterk Radioactieve Objecten (LSO) voor het jaarlijks onderhoud van de cellen gedurende een aantal weken achtereen.
4. In de ontmantelingscel bij de Hoge Flux Reactor (HFR) voor onderhoud en reparatiewerkzaamheden gedurende een aantal weken achtereen, om de 2 jaar.

2. DE DRUKPAKWERKER.

De drukpakwerker moet het werk in een drukpak, zowel geestelijk als lichamelijk aan kunnen. Hieraan wordt bij het ECN bij de aannamekeuring en het periodiek geneeskundig onderzoek door de Bedrijfsgeneeskundige Dienst van de Gezondheidsbeschermingsafdeling extra aandacht besteed. Met name bestaat

het extra onderzoek uit een belastingstest en een ademhalingsfunctie-onderzoek.

Bij een belastingstest worden de werking van de hartspier door middel van het electrocardiogram (ECG), de bloeddruk en de polsfrequentie gemeten en geregistreerd tijdens het verrichten van arbeid. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een fiets-ergometer. Bij een ademhalingsfunctie-onderzoek wordt de functie van de ademhaling bepaald onder verschillende omstandigheden.

Met name worden de volgende metingen verricht:

- het vastleggen van de normale ademhaling in rust;
- de bepaling van de maximale hoeveelheid lucht die geforceerd kan worden in- en uitgeademd;
- de bepaling van de ademgrenswaarde, de maximale hoeveelheid lucht, die in 1 minuut kan worden uitgeademd.

De resultaten van al deze testen sporen alleen mogelijke contra-indicaties op over de ongeschiktheid van de werker voor drukpakwerkzaamheden. Het is bijv. niet mogelijk om te bepalen of de werker geestelijk geschikt is voor dit werk. Dit moet gedurende oefeningen en in de praktijk blijken.

3. HET DRUKPAK.

Het geventileerde drukpak is een geheel gesloten pak, waarbij de toegevoerde lucht (zowel voor beademing als voor ventilatie) via een slang aan een pers-luchtsysteem onttrokken wordt. De benodigde hoeveelheid lucht kan door de gebruiker zelf worden geregeld door 2 afsluiters op de riem. De toegevoerde lucht verlaat het drukpak via filters. Deze filters zorgen ervoor dat er in het drukpak een lichte overdruk ten opzichte van de omgeving blijft. Het drukpak is verder uitgerust met een zogenaamd vluchtfilter, geplaatst aan de achterzijde van de kap. Een aan de filterhouder gelaste slang loopt naar de voorzijde van de kap en kan zonodig bij uitvallen van de luchttoevoer, door de betrokkene in de mond worden gestopt, waardoor ademplucht verzekerd blijft.

Ten einde de besmettingsgraad van het pak aan de buitenkant te verminderen wordt tijdens het werk een eenvoudig plastic voorschoot gebruikt, die na afloop wordt behandeld als radioactief afval. Na afloop van de werkzaamheden in de besmette ruimte wordt er eerst gedouched alvorens het pak uit te trekken. Dit douchen dient om de meeste besmetting aan de buitenkant van het pak af te spoelen en de resterende besmetting minder makkelijk verspreidbaar te maken tijdens het uittrekken (droge bewerking wordt een natte bewerking). Als regel grenst de doucheruimte direct aan de ruimte waarin met drukpak wordt gewerkt. Een uitzondering hierop vormt het LSO, waar met een drukpak-

wagen wordt gewerkt om de verspreiding van besmetting tegen te gaan. In de drukpakwagen nemen de werkers in drukpak plaats. Deze wagen wordt tegen de ingang van de ruimte waarin wordt gewerkt geplaatst. Na afloop worden de werkers in de wagen naar de doucheruimte gereden.

Na het douchen wordt het pak uitgetrokken, waarbij een uitgebreide besmettingscontrole plaatsvindt. Radioactief besmette pakken worden bij de Groep Radioactief Afval gedecontamineerd. Is het pak voldoende gedecontamineerd, dan wordt het eerst gedesinfecteerd alvorens het opnieuw te gebruiken. Niet schoon te krijgen pakken worden als radioactief afval behandeld.

4. STRALINGSCONTROLE ERVARINGEN.

Tot nu toe zijn er bij het werken met drukpak geen besmettingsongevallen geconstateerd. Wel komen er een enkele maal incidenten voor, zoals het losraken van een handschoen of het beschadigen van het pak door een scherp voorwerp, een en ander tot nu toe zonder ernstige gevolgen.

Bij de Groep Radioactief Afval is de totale hoeveelheid verspreidbaar radioactief materiaal die in een keer in de drukpakruimten behandeld kan worden gelimiteerd naar radiotoxiciteitsgroep. Voor groep 1 is dit 1 mCi en voor iedere volgende groep een factor 100 meer. Dienen er werkzaamheden uitgevoerd te worden met grotere hoeveelheden dan deze waarden, dan moet hiervoor een advies aan de Gezondheidsbeschermingsafdeling onder voorlegging van een werkplan worden gevraagd. Deze werkwijze heeft tot nu toe als resultaat dat risico's beperkt worden en dat het mogelijk blijft de drukpakruimten voor onderhoud zodanig schoon te kunnen maken, zodat deze zonder adembescherming betreedbaar zijn.

Ten einde de dosis, die de drukpakwerkers ontvangen goed te kunnen controleren heeft het ECN een speciale dosistempo- en dosismeter voor celwerkzaamheden ontwikkeld. Hierbij bevindt zich de opnemer in het drukpak en de uitleesapparatuur buiten de werkruimte. Het is mogelijk om alarmniveaus voor zowel dosistempo als dosis in te stellen.

Bij de Groep Radioactief Afval is de ontvangen dosis over het algemeen laag.

Bij de overige plaatsen waar met drukpak wordt gewerkt kan door speciale maatregelen, zoals opruimen en verwijderen van stralingsbronnen de ontvangen dosis voor de eerste betredingen in de cellen in de beurt van 100 mrem worden gehouden.

RESUME.

L'usage de vêtements ventilés à Petten est décrit du point de vue du service de contrôle des radiations. Après avoir donné les lieux et la fréquence du travail en vêtements ventilés, l'auteur cite quelques exigences posées à l'utilisateur ainsi que certaines caractéristiques de fonctionnement de ce vêtement.

L'utilisation d'un véhicule pour porteur de vêtements ventilés est signalée ainsi que les méthodes d'entretien des vêtements après usage. Quelques expériences du contrôle radiations en ce domaine sont rappelées.

ABSTRACT.

The utilization of pressurised suits in Petten is described from the point of view of the radiation control. After giving the localisations and the frequency of work in these suits, the author cites which are the requirements for the users and the utilization conditions of this material.

The use of special vehicles for men in pressurised suits is mentioned and also the cleaning methods of the packs after use. Some experiences of the radiation control in this field are mentioned.

ZUSAMMENFASSUNG.

Die Arbeiten, die in Petten in mit Preßluft belüfteten Schutzanzügen durchgeführt werden, werden von Standpunkt des Strahlenschutzes aus beleuchtet. Zuerst wird ein Eindruck darüber vermittelt, wo und wie häufig in einem derartigen mit Preßluft belüfteten Anzug Arbeiten durchgeführt werden und danach werden einige Forderungen beschrieben, die an den Arbeiter in einem derartigen Druckschutzanzug sowie an die Wirkung des verwendeten Anzuges gestellt werden.

Ferner wird die Verwendung eines Druckschutzanzugwagens erwähnt und die Reinigung des benutzten Anzugs. Schließlich wird über einige Strahlenschutzerfahrungen berichtet.

Annalen van de Belgische Vereniging voor Stralingsbescherming, Vol. 5, n^o3-4 (1980).

KEUZE EN ONDERHOUD VAN PERSOONLIJKE ADEMHALINGSBESCHERMINGSMIDDELEN
BIJ EUROCHEMIC. Korte mededeling.

ALDERHOUT J.J.H.

Eurochemic, Mol

Juni 1980.

Aan de hand van een zestigtal diapositieven wordt een overzicht gegeven van het gebruik en het onderhoud van persoonlijke ademhalingsbeschermingsmiddelen bij Eurochemic.

Er wordt voornamelijk ingegaan op vele zaken die verband houden met het efficiënt en veilig gebruik van volgelaatsmaskers in combinatie met stoffilterpatronen, gemengde filterpatronen, persluchtsslangen en autonome persluchtademhalingsstoestellen.

Deze apparatuur wordt normaal in de handel gekocht. Om de veiligheid bij het werken met persluchtsslangen te verhogen, werd echter een eigen toestel ontwikkeld. Dit toestel bestaat uit een cilindrische buis (lengte \pm 5 cm, binnendiameter 3 cm) met een zijbuisje, waaraan de slang van de luchttoevoer kan worden bevestigd. Aan het ene uiteinde van deze cylinder is een maskeroitlaatventiel omgekeerd gemonteerd, dat normaal door de druk van de toegevoerde lucht gesloten is. Aan het andere uiteinde van de cylinder bevindt zich een aansluitstuk met DIN 3183 buitenschroefdraad. Op een volgelaatsmasker wordt nu een filterpatroon (klasse 2 C) geschroefd waarop aan de buitenkant een aansluitstuk met DIN 3183 binnenschroefdraad is aangebracht. Hierop wordt het bovenbeschreven toestel aangesloten. Bij te weinig of geen luchttoevoer via de normale voeding wordt de lucht direct van buiten uit de omgeving opgenomen via het omgekeerde uitlaatventiel, die dan door het filterpatroon wordt gezuiverd.

Na het beëindigen van de werkzaamheden kan bij het verkleeden en eventueel douchen het toestel met luchttoevoer worden afgeschroefd en het volgelaatsmasker met filterpatroon nog zolang als noodzakelijk is worden opgehouden.

Bij de keuze van de filterpatronen wordt vooral gelet op de transmissie (gemeten met de D.O.P.-test), op de inademingsweerstand, op het gewicht en op de afmetingen.

Er doet zich in dit verband een probleem voor, omdat alle filterpatronen voor radioactief stof (klasse 2 C), die in de handel verkrijgbaar zijn, een inademingsweerstand hebben die groter is dan 10 mm waterkolom (bij 50 liter continue luchtstroom per minuut) en daarom niet aangenomen zijn door het Ministerie van Tewerkstelling en Arbeid in België (M.B. 1964-02-13, art. 1). Het filtratievermogen vereist in het betreffende M.B., dat kennelijk niet bedoeld is voor stoffilters van de klasse 2 C, wordt echter ruimschoots overtroffen.

Bij gemengde filterpatronen (klasse 3 C) doet zich dit probleem niet voor omdat hiervoor de maximale inademingsweerstand 35 mm waterdruk bedraagt (bij 50 l continue luchtstroom per minuut).

Bij de penetratiebepalingen van de filterpatronen bleek ook zeer duidelijk het belang van het goed vastschroeven van de filterpatronen.

Er wordt ook ingegaan op de problemen van brildragers en op de risico's van baarden en bakkebaarden.

Voor brildragers worden bij Eurochemic persoonlijke maskers met een ingebouwde bril, voorzien van correctieglazen, gebruikt.

Betreffende baarden e.d. kunnen het beste bij de indiensttreding schriftelijk duidelijke afspraken worden gemaakt.

Vervolgens komen nog de kosten van de afvoer van radioactief besmette maskers en filterpatronen ter sprake (80 à 90 Belgische frank per masker en 50 à 60 Belgische frank per filterpatroon).

Aan de hand van de resultaten van urine-analyses kan verder worden geconcludeerd dat de ademhalingsbescherming zich bij Eurochemic op een aanvaardbaar niveau bevindt.