



IL RISCHIO DA MICROCLIMA: ESPERIENZE PER ALCUNI DEI PRINCIPALI AMBIENTI DI LAVORO AGROINDUSTRIALI

Monarca D. (1), Cecchini M.(1), Nelli S.(1), Panaro V.(2), Santoro F.(2)

1) Università degli Studi della Tuscia – Dipartimento GEMINI - Viterbo

2) Università degli Studi di Bari – Dipartimento PRO.GE.SA - Bari

1 – INTRODUZIONE

La recente normativa introduce un nuovo approccio alla sicurezza del lavoro, non più legato solo alla prevenzione degli infortuni ed alla salute dei lavoratori, ma anche al raggiungimento di situazioni di maggior conforto e benessere. Tra questi, le condizioni microclimatiche cui l'uomo risulta esposto stanno via via assumendo una importanza crescente. Come è noto, un microclima non appropriato, anche quando non crea effetti patologici, può interferire con il sistema di termoregolazione di un individuo, creando una situazione di discomfort.

Se sono presenti in letteratura numerose ricerche nel settore industriale, con particolare riguardo ai cosiddetti microclimi severi, caldi e freddi, che possono comportare l'insorgenza di forme patologiche, sono ancora pochi gli studi relativi al settore agricolo ed agroindustriale. Il presente studio analizza tali situazioni per alcuni di tali ambienti, caratterizzabili in base alle norme tecniche come microclimi moderati, per i quali i "rischi" connessi all'esposizione sono appunto limitati a situazioni di discomfort. Per i problemi microclimatici negli ambienti di lavoro, il riferimento legislativo a livello nazionale è rappresentato dal D.P.R. 303 del 1956 (articoli 11 e 13), il quale richiede che:

- la temperatura sia mantenuta entro limiti convenienti alla buona esecuzione dei lavori e ad evitare pregiudizio alla salute dei lavoratori, tenendo conto anche dell'influenza che possono esercitare il grado di umidità ed il movimento dell'aria;
- quando non sia conveniente modificare la temperatura di tutto l'ambiente si deve provvedere alla difesa dei lavoratori contro le temperature troppo alte o troppo basse mediante misure tecniche localizzate o mezzi personali di protezione.

Si può notare il riferimento a tre dei quattro parametri ambientali che caratterizzano un microclima, vale a dire temperatura, umidità relativa e velocità dell'aria.

Il D.Lgs. 626/94 (art. 33 comma 7, che sostituisce l'articolo 11 del D.P.R. 303/1956) introduce alcune aggiunte:

- la temperatura, il grado di umidità, il movimento d'aria devono essere adeguati, tenendo conto degli sforzi fisici imposti ai lavoratori (introduzione del parametro soggettivo "metabolismo");

- le finestre, i lucernari e le pareti vetrate devono essere tali da evitare un soleggiamento eccessivo dei luoghi di lavoro, tenendo conto del tipo di attività e della natura del luogo di lavoro (introduzione del parametro ambientale "temperatura radiante").

Nello stesso articolo, il D.Lgs. 626/94 prevede che la temperatura dei locali di riposo, dei locali per il personale di sorveglianza, dei servizi igienici, delle mense e dei locali di pronto soccorso deve essere conforme alla destinazione specifica di questi locali. Sempre il D.Lgs. 626/94 al comma 9 dello stesso articolo impone, in sostituzione dell'art. 7 del D.P.R. 303/56, che, a meno che non sia richiesto diversamente dalle necessità della lavorazioni, è vietato adibire a lavori continuativi i locali chiusi che non rispondono alle seguenti condizioni:

- essere ben difesi contro gli agenti atmosferici e provvisti di un isolamento termico sufficiente, tenuto conto del tipo di impresa e dell'attività fisica dei lavoratori;
- avere aperture sufficienti per un rapido ricambio d'aria;
- essere ben asciutti e difesi contro l'umidità.

Infine l'art. 29 del D.Lgs. 242/1996 introduce alcune modifiche ed aggiunte all'allegato VII del D.Lgs. 626/1994 nelle quali si dispone che:

- le attrezzature appartenenti ai posti di lavoro non devono produrre un eccesso di calore che possa essere fonte di disturbo per i lavoratori;
- si deve far in modo di ottenere e mantenere una umidità soddisfacente.

A livello internazionale le norme tecniche di riferimento sono gli standard ISO (tabella 1). Molti di essi sono stati recepiti dal CEN come norme EN, e infine, in Italia, dall'UNI. L'unico documento tecnico autonomo italiano è rappresentato dalla norma UNI 10339, la quale fissa i valori di temperatura e di umidità relativa idonei a garantire sia in inverno che in estate condizioni di benessere fisiologico.

Tabella 1 : Principali norme tecniche internazionali di riferimento

Valutazione del microclima	ISO 7730 – ASHRAE 55	microclima moderato
	ISO 7243-7933	microclima severo caldo
	ISO / TR 11079	microclimi severi freddi
Strumenti e metodi di misura	ISO 7726	parametri ambientali
	ISO 8996	metabolismo
	ISO 9920	resistenza termica del vestiario

2 - GLI AMBIENTI MODERATI

In questo tipo di ambienti il problema è rendere oggettiva la sensazione di discomfort (soggettiva) espressa da ciascuno degli individui che vi operano.

Questo problema viene risolto grazie ad uno schema che utilizza descrittori del confort "globale" (indici sintetici di Fanger), relativi al bilancio energetico del corpo umano nel suo complesso. Gli indici forniscono una valutazione semplice ed immediata di situazioni spesso complesse, caratterizzate da interazioni di molte grandezze, ambientali e fisiologiche. Il bilancio energetico complessivo del corpo umano viene calcolato mediante un modello matematico a sei parametri sviluppato e verificato dal gruppo del prof. Fanger ed indicato nello standard ISO 7730.

Di questi parametri quattro sono legati all'ambiente e vengono dunque indicati come oggettivi, mentre due sono detti individuali o soggettivi. Quelli ambientali sono facilmente rilevati con le sonde in commercio. I parametri soggettivi vengono calcolati in base allo sbilancio termico ottenuto dell'equazione del bilancio termico.

Tabella 2 : Parametri oggettivi e soggettivi.

Parametri oggettivi		
	Simbolo	Unità di misura
1. Temperatura dell'aria	T_a	K (o °C)
2. Temperatura media radiante	T_r	K
3. Velocità dell'aria	V_a	ms^{-1}
4. Pressione parziale del vapore acqueo in aria (oppure umidità relativa)	P_{H_2O}	Pa
	RH	%
Parametri soggettivi		
	Simbolo	Unità di misura
5. Resistenza termica abbigliamento	I	clo
6. Energia sviluppata dal metabolismo	M	met

L'indice PMV (*Predicted mean vote*) definisce, in una scala di sensazioni termiche estesa da -3 (molto freddo), a 0 (neutro), a +3 (molto caldo), la risposta di una popolazione di individui non selezionata corrispondente ad uno specifico set di parametri. Il corpo umano è un sistema termico complesso, in grado di generare energia al proprio interno e scambiarla con l'esterno: si definisce come S il flusso netto di energia in entrata ($S > 0$) o in uscita ($S < 0$) dal corpo umano (Lenzuni, 2000, Alfano et al. 1998, Porceddu et al. 2001).

Il PMV è legato allo squilibrio energetico S dalla relazione:

$$PMV = (0,303 \cdot e^{-0,036 M} + 0,028) \cdot S \quad (1)$$

Un valore di $S=0$ nella equazione del bilancio energetico, corrispondente ad una situazione di equilibrio termico, produce il risultato $PMV = 0$, mentre valori negativi o positivi indicano rispettivamente tendenza al raffreddamento o al riscaldamento corporeo. Va sottolineato che il criterio per il calcolo del PMV è stato sviluppato a partire da esperimenti relativi a condizioni climatiche non estreme ($M = 0,8 \div 4$ met, $I = 0 \div 2$ clo), come quelle in seguito analizzate.

L'indice PPD (*Predicted percentage of dissatisfied*) definisce la percentuale di individui insoddisfatti dell'ambiente termico in cui si trovano. Fissata una frazione massima tollerabile di individui insoddisfatti, l'indice consente di stabilire l'accettabilità o l'inaccettabilità di un microclima. La relazione con il PMV è esprimibile mediante la funzione:

$$PPD = 100 - 95 \cdot e^{-(0,2179 PMV^2 + 0,03353 PMV^4)} \quad (2)$$

A un valore di PMV pari a zero, corrisponde una percentuale di insoddisfatti PPD del 5%.

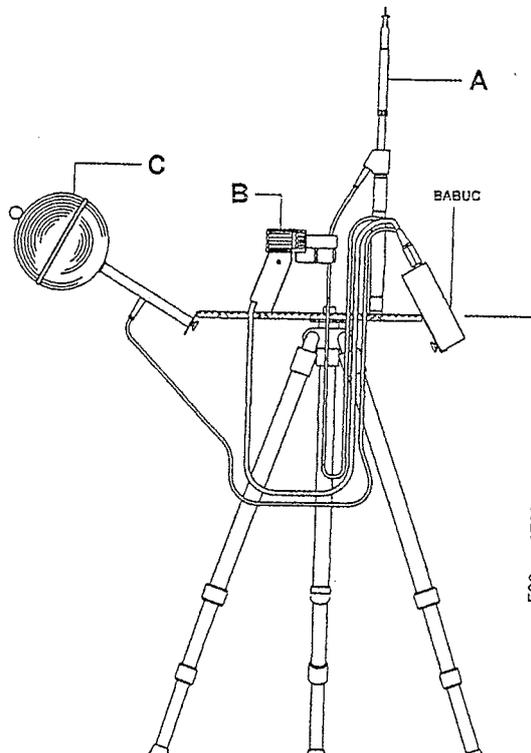
3 - MATERIALI E METODI

Per lo studio del microclima è stata impiegata la stazione microclimatica illustrata in figura 1, di produzione LSI. Le sonde utilizzate sono:

- a) anemometro a filo caldo BSV101;
- b) psicrometro BSU102;
- c) globotermometro BST131.

I dati rilevati dalle sonde vengono memorizzati su un data-logger "BABUC"; la centralina utilizzata presenta una serie di ingressi universali, in grado di ricevere qualsiasi combinazione di sensori di tipo diverso e di riconoscerli automaticamente. Il display permette la visualizzazione di tutti i valori istantanei, mentre i dati vengono memorizzati per costituire un archivio locale dei rilievi eseguiti, che sono poi scaricati sul PC con un programma specifico di comunicazione.

Figura 1 : Stazione microclimatica



L'anemometro a filo caldo BSV 101 è costituito da un filo di platino mantenuto ad una temperatura superiore a quella ambientale, per effetto joule, da una corrente elettrica che lo attraversa. Misurando l'intensità della corrente necessaria per mantenere costante la temperatura del filamento, noto il coefficiente di dispersione termica dello stesso, si calcola la velocità dell'aria. La sonda consente la misura della velocità dell'aria in tutte le direzioni. La notevole precisione è bilanciata dalla delicatezza del filamento.

La sonda psicrometrica BSU 102 è costituita da due sensori di temperatura; il primo è un termometro a bulbo asciutto che rileva la temperatura secca dell'aria (T_a), il secondo un termometro rivestito di una guaina idrofila, con l'opposta estremità immersa in una vaschetta d'acqua distillata, che rileva la temperatura di bulbo umido a ventilazione forzata (T_w). La velocità dell'aria forzata da una ventola è di circa 4 ms^{-1} .

Il globotermometro BST 131 è costituito da un globo metallico cavo nero, al centro del quale è montato un sensore termometrico. La temperatura rilevata (T_g) consente di calcolare la temperatura media radiante, note la temperatura secca e la velocità dell'aria. Il globo, chiamato anche globo di Vernon, ha emissività elevata tale da poter essere considerato un corpo nero rispetto alle radiazioni infrarosse.

I rilievi sono stati eseguiti all'interno di aree omogenee, intendendo per omogenee quelle aree dove la temperatura media radiante, la temperatura, l'umidità e la velocità dell'aria possono essere considerate uniformi al loro interno. La stazione microclimatica veniva posizionata o al centro dell'area omogenea, oppure nelle aree in cui il personale soggiorna più frequentemente, o, in caso di valutazione di brevi esposizioni a situazioni termiche gravose, nel punto dove si verificavano queste situazioni. Le sonde erano poste ad un'altezza dal pavimento di circa un metro e mezzo, evitando la diretta esposizione all'irraggiamento e alle correnti d'aria, a meno che, in via eccezionale, fossero proprio queste condizioni ad essere valutate. Il periodo di misura veniva scelto tenendo presente due situazioni tipo:

- ambienti in cui le variabili rilevate rimangono sostanzialmente costanti all'interno della giornata: in questo caso è sufficiente effettuare una misura della durata media di un'ora per ogni area omogenea;
- negli ambienti di lavoro in cui si avevano variazioni dei vari parametri nell'arco della giornata le misure si prolungavano per l'intera giornata lavorativa (almeno 8 ore).

Per la rata di acquisizione si sono adottate le frequenze di un minuto per temperatura dell'aria, temperatura media radiante e umidità relativa, e di 20 s per la velocità dell'aria.

I dati raccolti sono stati elaborati con uno specifico software "Microclima Ambienti moderati", che effettua sia il calcolo degli indici microclimatici che la gestione delle stampe e delle tabelle. I risultati ed i dati sono stati trasferiti su grafici e tabelle Excel.

4 - AZIENDE ESAMINATE E RISULTATI DEI RILIEVI

4.1 AZIENDE ZOOTECHNICHE

I rilievi sono stati effettuati presso due aziende di Bastia Umbra (PG) e di Bomarzo (VT).

Nella prima, specializzata nell'allevamento di bovine da latte, la stalla è divisa in tre zone principali:

- a) la zona di alimentazione;
- b) la zona di riposo;

c) la sala di mungitura.

La struttura portante è in pilastri e travi metalliche prefabbricate, il capannone è quasi completamente chiuso, con copertura in fibro-cemento e tamponature in celloblock, di spessore 20 cm.

La seconda azienda effettua oltre alla mungitura anche l'imbottigliamento del latte. La struttura di tipo prefabbricato è moderna e conforme agli standard di sicurezza degli alimenti.

Nelle due stalle le temperature interne possono definirsi buone. Nella prima stalla si osservano valori di ventosità elevati, dovuti ad una scorretta posizione delle porte di entrata ed uscita degli animali, che favorisce il passaggio dell'aria proprio nella fossa del mungitore. Il principale problema segnalato dagli addetti risulta proprio l'ingresso e l'uscita dalla stalla per far accedere le vacche in sala mungitura (problema segnalato nella stalla B).

Tabella 3 : Caratteristiche delle aziende zootecniche e valori rilevati

Azienda	n.ad-detti	Data rilievi	Descrizione attività	Descrizione struttura
A - Bastia Umbra (PG)	1	04/04/01	Mungitura vacche con sala mungitura a 8 poste disposta a lisca di pesce.	Struttura recente, ampie finestrate con apertura a vasistas, porte su entrata ed uscita vacche.
B- Bomarzo (VT)	2	06/02/02	Mungitura 5 poste e imbottigliamento latte di vacca.	Struttura nuovissima, pareti sino a 3,5 m completamente piastrellate secondo legge.

Azienda	Postazione	Valori	T_a	T_g	V_a	RH	PMV	PPD	T_o
			[°C]	[°C]	[ms ⁻¹]	[%]		[%]	[°C]
A	Sala mungitura	med	16,67	20,97	1,03	58,07	-0,34	7,81	19,94
		max	16,92	22,35	2,58	65,58	-0,16	9,64	20,85
		min	16,35	19,92	0,11	54,79	-0,47	5,56	19,37
B	Sala mungitura	med	10,46	10,20	0,04	97,32	-0,54	11,2	10,33
		max	11,24	10,67	0,15	99,64	-0,48	14,5	10,78
		min	9,16	9,50	0,00	95,03	-0,67	9,76	9,36
	Zona imbottigliamento	med	10,73	10,45	0,02	92,59	-0,50	10,4	10,62
		max	11,80	11,24	0,16	98,64	-0,38	15,4	11,52
		min	9,00	9,42	0,00	87,66	-0,70	8,04	9,25

Tabella 4 : Principali caratteristiche degli oleifici esaminati

Località	Ad-detti	Data rilievi	Descrizione attività	Descrizione struttura
A. Bitonto (BA)	5	10/12/01	Impianto discontinuo con lavorazione a freddo. N. 8 presse, molitura a molazze.	Struttura in pietra con copertura a volta. H. 5 m. Olivaio e zona defogliazione esterne sotto copertura in lamiera.
B. Ostuni (BA)	3	11/12/01	Impianto continuo con lavorazione a caldo con N. 3 linee di lavorazione.	Struttura di vecchia costruzione riadattata a frantoio con tetto prefabbricato H 10 m. Olivaio esterno, defogliazione interna.
C. Monte fiascone (VT)	2	22/11/01	Impianto continuo con lavorazione a caldo con N. 2 linee di lavorazione.	Edificio nuovo prefabbricato con H 10 m. Scarico olive e defogliazione esterno Olivaio interno
D. Vetralla (VT)	3	12/12/01	Impianto continuo con lavorazione a caldo con n. 1 linea di lavorazione.	Vecchia struttura riadattata ad oleificio H 7 m con controsoffittatura a 4 m. Olivaio interno e defogliazione esterna.
E. Viterbo	3	12/12/01	Impianto continuo con molazze, estrazione a caldo con n. 1 linea di lavorazione.	Due strutture: una nuova in prefabbricato dove avviene la frangitura H 4 m e un vecchio fienile adattato ad olivaio H 7 m. Defogliazione esterna.
F. Viterbo	2	12/12/01	Impianto discontinuo abbastanza vecchio con 4 linee di estrazione.	Struttura vecchia con H 3,5 m Olivaio al piano superiore e defogliazione esterna.

4.2 OLEIFICI

Si sono esaminati sei oleifici, di cui due in Puglia e quattro nel Lazio. Gli oleifici sono in parte di recente costruzione, a ciclo continuo, in parte in stabilimenti tradizionali, con pressatura a freddo. La presenza degli addetti è spesso saltuaria, con poche posizioni a punto fisso, e legata soprattutto al controllo del funzionamento delle macchine. Le principali caratteristiche sono riportate nella tabella 4.

Dai valori rilevati (tabella 5) si può osservare come in tre oleifici (D-E e F) si raggiungono condizioni critiche. Nella tabella 5 i valori riferiti agli olivai sono da annotarsi proprio come temperature esterne.

Le fasi a rischio riguardano gli operai addetti ai muletti, che uscivano all'esterno per prelevare e trasportare all'interno le olive appena pesate, indossando indumenti non adatti al clima esterno (invernale). Nei primi tre oleifici la situazione si presenta decisamente migliore: un operaio infatti, con un abbigliamento idoneo, lavorava sempre all'esterno allo scarico e alla pesatura delle olive, impiegando i tempi morti per la pulizia del piazzale e dei cassoni di raccolta.

Tabella 5 : Valori rilevati negli oleifici esaminati

Oleificio	Postazione	Valori	T _a [°C]	T _g [°C]	V _a [ms ⁻¹]	RH [%]	PMV	PPD [%]	To [°C]
A	Olivaio	med	7,69	8,71	0,29	75,63	-0,70	15,4	8,24
		max	8,29	9,38	1,22	80,16	-0,60	18,1	8,48
		min	7,49	8,36	0,00	69,63	-0,79	12,5	7,99
	Zona frangitura	med	16,31	15,68	0,08	75,81	0,35	7,61	16,03
		max	16,54	16,12	0,20	79,53	0,39	8,10	16,24
		min	16,01	13,40	0,00	72,54	0,23	6,10	15,12
B	Olivaio	med	6,51	8,64	0,51	89,46	-1,03	27,5	7,90
		max	7,08	9,65	1,37	100,0	-0,88	34,7	8,53
		min	5,94	7,57	0,04	84,20	-1,19	21,2	7,14
	Zona frangitura	med	17,14	16,92	0,09	66,96	0,63	13,4	17,04
		max	17,72	17,18	0,40	73,14	0,66	14,1	17,26
		min	15,86	16,81	0,00	63,96	0,62	12,9	16,89
C	Olivaio	med	9,75	10,33	0,28	91,87	-0,77	17,4	10,33
		max	10,56	10,59	1,70	95,75	-0,71	19,1	10,59
		min	9,27	10,18	0,00	86,55	-0,82	15,4	10,18
	Zona frangitura	med	19,23	20,21	0,23	66,92	-0,60	12,8	19,97
		max	20,07	20,60	0,87	69,95	-0,48	19,9	20,35
		min	18,78	18,25	0,01	63,50	-0,84	9,79	18,73
D	Olivaio	med	9,87	10,45	0,08	56,09	-2,02	77,2	10,26
		max	10,10	10,67	0,25	57,71	-1,92	86,2	10,43
		min	9,53	10,03	0,00	54,38	-2,24	72,8	9,92
	Zona frangitura	med	15,11	16,65	0,17	50,83	0,62	13,1	15,94
		max	16,92	17,68	0,51	58,43	0,76	17,0	17,02
		min	13,32	14,04	0,00	45,84	0,44	9,01	14,40
E	Olivaio	med	8,34	9,85	0,30	59,57	-2,55	94,1	9,49
		max	8,66	11,09	0,91	61,84	-2,25	96,8	10,50
		min	8,02	9,46	0,03	58,29	-2,71	86,7	9,18
	Zona frangitura	med	11,76	11,50	0,03	59,77	-0,40	8,28	11,64
		max	12,30	11,80	0,16	63,49	-0,35	9,56	11,89
		min	11,24	10,71	0,00	55,45	-0,47	7,60	11,13
F	Olivaio	med	6,35	9,85	0,30	59,57	-2,50	94,2	9,49
		max	6,20	11,09	0,91	61,84	-2,23	96,8	10,50
		min	6,45	9,46	0,03	58,29	-2,71	86,5	9,18
	Zona frangitura	med	16,29	16,91	0,09	52,92	0,21	6,00	16,62
		max	17,22	17,41	0,40	57,24	0,28	6,67	17,16
		min	15,29	14,72	0,00	48,41	0,04	5,04	15,48

4.3 CASEIFICI

I rilievi sono stati effettuati presso quattro caseifici della provincia di Viterbo e nel Caseificio Sociale di Manciano (GR). In quest'ultimo sono state esaminate sia le condizioni primaverili che estive. Le caratteristiche delle aziende ed i rilievi sono riportati nelle tabelle 6 e 7 rispettivamente.

Tabella 6 : Principali caratteristiche dei caseifici esaminati

	Località	Ad- detti	Data rilievo	Descrizione attività	Descrizione struttura
A	Bagnoregio	8	19/03/ 02	Media grandezza con 4 polivalenti e camere calde per fermentazione del formaggio, sala ricotta con due caldaie con a fianco la cella della ricotta	Due strutture affiancate di cui quella più vecchia utilizzata come zona di produzione H 8 m e quella più nuova adattata a magazzino dove sono presenti anche le celle.
B	Manciano (GR)	35	11/04/ 01 10/07/ 01	Impianto molto grande con 5 polivalenti e 5 caldaie della ricotta in apposita sala, confezionamento e vendita formaggio	Struttura recente anni 90 con finestre alte con apertura a vasistas copertura in lamiera con controsoffittatura
C	Marta (VT)	10	30/04/ 02	Impianto costituito da quattro polivalenti e tre caldaie per la ricotta situate nello stesso locale	Struttura nuovissima con finestre alte ad apertura a vasistas ed areatori nella zona della ricotta
D	Farnese (VT)	6	30/05/ 02	Impianto con due polivalenti e due caldaie per la ricotta situate nello stesso locale e vicine tra loro	Struttura degli anni novanta con finestre alte e areatori nella zona della ricotta, la salamoia è nello stesso luogo dove è il magazzino
E	Bagnoregio (VT)	8	19/03/ 02	Media grandezza con 4 polivalenti e camere calde di fermentazione, sala ricotta con due caldaie con a fianco la cella della ricotta	Due strutture affiancate di cui quella più vecchia utilizzata come zona di produzione H 8 m e quella più nuova adattata a magazzino dove sono presenti anche le celle.

Tabella 7/a : Risultati dei rilievi nei caseifici A e B

Azienda	Postaz.	Valori	T _a °C	T _r °C	V _a ms ⁻¹	RH %	PMV	PPD %	To °C
Caseificio A	produzione	med	16,46	16,71	0,06	84,05	0,12	5,57	16,58
		max	17,30	17,37	0,43	89,23	0,20	5,87	17,10
		min	14,30	13,32	0,00	76,34	-0,20	5,04	14,58
	ricotta	med	17,51	18,79	0,18	96,54	0,35	7,60	18,29
		max	18,40	19,38	0,47	100,0	0,41	8,55	18,79
		min	16,88	17,68	0,01	91,83	0,24	6,19	17,42
	Cella ricotta	med	2,57	3,41	0,04	99,78	-1,84	69,0	2,94
		max	3,45	6,89	0,34	100,0	-1,68	80,0	4,20
		min	0,88	2,17	0,00	97,57	-2,08	60,9	1,85
	salamoia	med	13,36	14,70	0,31	85,63	0,22	6,04	14,15
		max	13,62	14,91	0,47	86,95	0,25	6,35	14,41
		min	12,86	14,53	0,10	84,27	0,18	5,71	13,85
	cella	med	7,65	7,62	0,03	92,85	-1,28	39,2	7,63
		max	7,95	7,95	0,29	94,57	-1,23	43,2	7,92
		min	7,34	7,38	0,00	92,03	-1,36	36,5	7,39
magazzino	med	12,87	13,52	0,22	85,87	-0,49	9,94	13,28	
	max	13,28	13,81	0,37	87,93	-0,42	10,6	13,53	
	min	12,71	13,36	0,02	83,26	-0,52	8,62	13,12	
Caseificio B Primavera	produzione	med	17,51	16,74	0,06	86,04	-0,24	6,60	17,20
		max	18,66	17,91	0,39	94,49	-0,02	9,46	18,23
		min	15,25	15,59	0,00	78,78	-0,46	5,01	16,27
	ricotta	med	23,24	23,13	0,54	96,02	0,15	6,74	23,17
		max	24,55	24,43	2,04	100,0	0,45	9,28	24,41
		min	21,40	21,09	0,03	91,77	-0,34	5,24	21,25
	Cella	med	6,47	6,98	0,01	96,29	-3,11	99,4	6,64
		max	8,06	8,70	0,18	100,0	-2,94	99,6	7,52
		min	6,24	6,66	0,00	93,16	-3,16	98,8	6,43
	salamoia	med	18,47	18,25	0,04	95,49	0,06	5,21	18,38
		max	19,38	19,54	0,16	100,0	0,20	5,81	18,97
		min	16,69	17,87	0,00	90,93	-0,08	5,00	17,82
	Corridoio celle	med	10,80	11,55	0,02	92,80	-2,37	85,8	11,09
		max	11,35	12,83	0,15	100,0	-2,15	91,1	11,54
		min	9,50	10,97	0,00	87,08	-2,40	83,0	10,47
magazzino	med	15,88	15,37	0,04	64,74	-1,37	44,	15,67	
	max	16,24	15,74	0,23	67,42	-1,30	51,9	15,98	
	min	15,52	13,32	0,00	60,98	-1,52	40,0	14,94	
Magazzino sotto vuoto	med	17,56	17,97	0,05	59,24	-1,63	57,8	17,80	
	max	18,47	18,21	0,36	63,71	-1,49	70,9	18,16	
	min	16,58	17,41	0,00	53,33	-1,88	50,3	17,50	
Caseificio B Estate	produzione	med	22,21	22,24	0,07	68,71	0,05	16,8	22,21
		max	23,49	23,30	0,27	73,95	0,97	24,67	23,20
		min	21,24	21,36	0,00	63,42	0,54	11,08	21,25
	ricotta	med	25,98	25,88	0,16	85,21	0,89	22,4	25,93
		max	27,70	27,32	0,41	89,17	1,22	36,04	27,33
		min	24,59	25,00	0,00	79,48	0,66	14,17	24,93
	Cella	med	6,47	6,98	0,01	96,29	-3,11	99,4	6,64
		max	8,06	8,70	0,18	100,0	-2,94	99,	7,52
		min	6,24	6,66	0,00	93,16	-3,16	98,8	6,43
	salamoia	med	24,09	23,08	0,04	90,78	1,22	36,3	23,66
		max	25,00	24,13	0,18	94,96	1,34	42,3	24,19
		min	22,92	22,42	0,00	82,85	1,08	24,8	23,04
	Corridoio celle	med	15,49	16,30	0,01	86,87	-1,26	38,4	15,79
		max	16,81	16,54	0,11	95,47	-1,14	46,07	16,27
		min	14,30	15,78	0,00	74,85	-1,41	32,32	15,14
magazzino	med	21,90	21,98	0,04	73,99	-0,01	5,23	21,93	
	max	23,18	25,84	0,44	85,34	0,29	6,79	23,35	
	min	21,24	21,43	0,00	69,31	-0,10	5,00	21,47	
Magazzino sotto vuoto	med	22,83	23,27	0,04	64,29	-0,18	6,70	23,10	
	max	24,51	23,90	0,46	70,65	0,03	11,64	23,88	
	min	19,84	22,31	0,00	57,04	-0,56	5,00	21,82	

Tabella 7/b : Risultati dei rilievi nei caseifici C, D e E

Azienda	Postazione	Valori	T _a °C	T _r °C	V _a ms ⁻¹	RH %	PMV	PPD %	To °C
Caseificio C	Produzione	med	16,60	17,95	0,05	85,81	-0,44	9,22	17,27
		max	17,41	18,85	0,25	90,30	-0,33	12,52	17,84
		min	15,18	16,27	0,00	80,05	-0,60	7,30	16,41
	Ricotta	med	20,13	20,74	0,08	83,66	0,17	6,07	20,48
		max	20,90	22,23	0,21	96,12	0,30	6,93	21,17
		min	19,08	18,13	0,00	71,70	-0,10	5,00	18,98
	Cella ricotta	med	1,70	5,30	0,10	99,30	-2,62	94,09	3,59
		max	2,77	12,18	0,47	100,00	-1,99	98,43	7,88
		min	0,81	2,58	0,00	94,88	-2,88	76,20	1,97
	Salamoia e magazzino	med	18,08	20,45	0,08	64,58	-0,34	7,62	19,23
		max	19,04	21,17	0,38	71,02	-0,20	9,39	19,94
		min	17,37	19,84	0,00	61,34	-0,46	5,83	18,76
	Esterno	med	12,01	15,74	0,71	94,43	-1,28	39,40	14,74
		max	12,22	16,09	1,47	96,09	-1,22	43,67	15,09
		min	11,73	15,33	0,01	92,36	-1,37	36,47	14,21
Caseificio D	Produzione	med	20,63	21,94	0,05	73,30	0,83	19,69	21,17
		max	21,62	23,60	0,33	86,07	0,91	22,65	21,57
		min	19,46	21,24	0,00	62,09	0,74	16,39	20,56
	Ricotta	med	23,64	23,17	0,07	61,06	0,50	10,78	23,39
		max	24,59	24,02	0,33	68,97	0,69	14,93	24,10
		min	22,31	21,74	0,00	57,46	0,28	6,58	22,17
	Cella ricotta	med	2,07	5,39	0,11	99,88	-3,17	98,36	3,67
		max	4,96	12,41	0,36	100,0	-2,33	99,98	8,35
		min	0,32	2,20	0,00	97,82	-3,63	89,06	1,37
	Salamoia e magazzino	med	21,19	19,26	0,19	54,59	0,59	12,76	20,41
		max	22,46	21,17	0,74	62,10	0,74	16,66	21,35
		min	19,65	11,96	0,00	41,32	0,22	5,98	18,08
	Esterno	med	24,55	38,86	1,31	42,80			
		max	25,00	41,92	3,16	44,53			
		min	24,17	32,61	0,16	40,77			
Caseificio E	Produzione	med	16,46	16,71	0,06	84,05	0,12	5,57	16,58
		max	17,30	17,37	0,43	89,23	0,20	5,87	17,10
		min	14,30	13,32	0,00	76,34	-0,20	5,04	14,58
	Ricotta	med	17,51	18,79	0,18	96,54	0,35	7,60	18,29
		max	18,40	19,38	0,47	100,0	0,41	8,55	18,79
		min	16,88	17,68	0,01	91,83	0,24	6,19	17,42
	Cella ricotta	med	2,57	3,41	0,04	99,78	-1,84	69,0	2,94
		max	3,45	6,89	0,34	100,0	-1,68	80,0	4,20
		min	0,88	2,17	0,00	97,57	-2,08	60,9	1,85
	Salamoia	med	13,36	14,70	0,31	85,63	0,22	6,04	14,15
		max	13,62	14,91	0,47	86,95	0,25	6,35	14,41
		min	12,86	14,53	0,10	84,27	0,18	5,71	13,85
	Magazzini	med	12,87	13,52	0,22	85,87	-0,49	9,94	13,28
		max	13,28	13,81	0,37	87,93	-0,42	10,6	13,53
		min	12,71	13,36	0,02	83,26	-0,52	8,62	13,12
	esterno	med	8,55	10,14	0,59	99,04	-3,20	99,6	9,69
		max	8,85	11,05	2,06	100,0	-2,95	99,8	10,43
		min	11,73	15,33	0,01	92,36	-1,37	36,47	14,21

Le misure si sono eseguite nei vari ambienti di lavoro (zona di produzione, zona ricotta, celle, magazzini, corridoi, ecc.), più altri rilievi effettuati all'esterno a distanza di 6 ore circa l'uno dall'altro.

Per i caseifici i problemi appaiono più seri rispetto agli altri impianti sin qui esaminati, per l'uso del calore nella produzione e per gli elevati stress termici cui sono esposti in alcuni casi gli addetti. Come si vede dalla tabella si passa da valori

interni superiori a 20-25 °C per le zone di produzione, a temperature di 3-4 °C circa nelle celle frigorifere, mentre nei corridoi e nei locali di salamoia le temperature sono molto vicine a quelle esterne.

I problemi sono molteplici: in primo luogo sarebbe necessario far vestire più pesantemente gli operatori che transitano nei due locali. Da alcune simulazioni sul caseificio di Manciano (azienda B), si è visto che con un abbigliamento più pesante (maglietta maniche corte, camicia leggera a maniche lunghe, pantaloni pesanti e giacca pesante) i valori medi di PMV e PPD passerebbero rispettivamente a -1,19 e 34,96, cioè valori accettabili.

Un altro aspetto è legato poi alla organizzazione del lavoro ed agli spostamenti da un locale all'altro: ad esempio gli addetti alla vendita devono passare, attraverso i corridoi, dal magazzino ad una cella per prelevare le forme di formaggio, e talvolta uscire all'esterno, dove sono le scatole per l'imballaggio, sottoponendosi a notevoli sbalzi termici. Ancora maggiore lo stress per gli addetti della sala ricotta, quando si recano nelle celle per depositare le ricotte precedentemente raffreddate nel locale salamoia: lo sbalzo termico che sfiora i 20°C è in grado di causare gravi danni alla salute. Di conseguenza sarebbe necessario che alcuni addetti, abbigliati in modo opportuno, si dedicassero specificamente a tali spostamenti.

La situazione nel periodo estivo vede a causa delle temperature più elevate un marcato peggioramento in tutti i locali di lavorazione, con un lieve miglioramento per il corridoio.

4.4 IMPIANTI DI LAVORAZIONE PRODOTTI ORTOFRUTTICOLI

I rilievi sono stati effettuati presso quattro aziende della provincia di Latina e presso una di Montalto di Castro (VT). In quest'ultimo sono state esaminate sia le condizioni primaverili che estive. Le caratteristiche delle aziende ed i rilievi sono riportati nelle tabelle 8 e 9 rispettivamente.

Nelle aziende per la lavorazione degli ortaggi si sono verificate situazioni estremamente eterogenee, che hanno richiesto tempi di rilevazione e di analisi più lunghe rispetto alle precedenti. I principali problemi sono legati all'uso delle celle frigorifere ed agli sbalzi termici legati al passaggio tra i diversi ambienti di lavoro.

Nel caso A abbiamo un'azienda che conserva, calibra e inscatola kiwi. La situazione degli addetti alla movimentazione dei prodotti da e per le celle di conservazione è migliore rispetto ad altre aziende soprattutto, perché viene promosso e disciplinato l'utilizzo di giacche a vento pesanti e guanti. Nonostante ciò molti valori di PPD rimangono ancora oltre la soglia del 50% (vedi tabella 9).

Per le zone di inscatolamento e di calibrazione la situazione migliora leggermente, anche se i valori della temperatura (11-12 °C), tenuti bassi proprio per evitare sbalzi termici troppo elevati per il prodotto, portano a valori di PMV di -1,2 - 1,3 in media.

Per le aziende B, C, D, dove si opera soprattutto il lavaggio ed il confezionamento di alcuni prodotti da mercato fresco (come carote, rape e zucchine) i problemi maggiori sono dovuti all'eccessiva umidità (spesso oltre il 90%) dovuta ai macchinari che lavano gli ortaggi.

Tabella 8 : Principali caratteristiche degli impianti di lavorazione esaminati

Azienda	Ad detti	Data rilievi	Descrizione attività	Descrizione struttura
A Aprilia (LT)	22	04/04/02	Confezionamento e la conservazione dei kiwi	Struttura nuova, solai alti con finestrate molto ridotte e grandi porte per il passaggio di pancali di frutta.
B Terracina (LT)	10	04/04/02	Lavaggio, prima lavorazione e confezionamento di rape e carote	Fabbricato anni '80 con grandi porte per il passaggio di camion e trattrici per il carico-scarico dei prodotti ortofrutticoli
C Terracina (LT)	10	04/04/02	Lavaggio, prima lavorazione e confezionamento di carote e zucchine	Struttura anni ottanta con due grandi porte e piccole finestrate nella parte più alta dell' edificio
D Terracina (LT)	2	04/04/02	Confezionamento di prodotti ortofrutticoli su pancali destinati ai punti vendita	Edificio prefabbricato recente, completamente chiuso su tre lati, con una tettoia esterna destinata al carico dei TIR
E Montalto di Castro (VT)	14	31/05/02	Lavaggio e confezionamento degli asparagi	Edificio in muratura di vecchia costruzione riadattato, con cella frigorifera per la conservazione degli asparagi

Tabella 9 : Risultati dei rilievi negli impianti di lavorazione esaminati

Azienda	Postaz.	Valori	T _a °C	T _r °C	V _a ms ⁻¹	RH %	PMV	PPD %	To °C
Azienda A	inscatolamento	med	11,90	12,60	0,07	76,22	-1,19	34,68	12,25
		max	12,56	13,55	0,47	94,98	-1,04	39,47	12,88
		min	11,46	12,33	0,00	73,19	-1,28	27,69	11,98
	calibrazione	med	11,94	11,80	0,15	75,92	-1,34	42,31	11,86
		max	12,26	12,49	0,85	79,62	-1,20	59,14	12,32
		min	10,52	8,63	0,01	68,55	-1,65	35,38	10,00
	Corridoio celle	med	1,97	3,55	0,11	97,44	-2,57	94,48	3,04
		max	2,28	6,77	0,50	100,00	-2,34	97,12	5,13
		min	1,71	2,66	0,00	93,11	-2,73	89,40	2,43
Azienda B	lavorazione	med	11,10	11,69	0,40	99,21	-0,75	17,08	11,45
		max	11,92	12,26	2,33	100,00	-0,58	23,63	12,07
		min	10,63	11,31	0,02	96,90	-0,94	12,08	11,08
	esterno	med	11,66	11,74	0,29	87,46	-0,97	24,88	11,71
		max	11,77	11,88	0,79	89,58	-0,90	27,05	11,80
		min	11,46	11,39	0,01	85,87	-1,02	21,98	11,52
Azienda C	lavorazione	med	11,41	11,98	0,13	92,73	-0,59	12,51	11,68
		max	11,99	12,68	0,55	95,99	-0,49	15,14	12,26
		min	10,82	11,54	0,00	89,28	-0,69	9,98	11,23
	esterno	med	12,66	11,74	0,59	87,46	-0,99	25,00	11,74
		max	13,77	11,88	0,99	89,58	-0,90	27,10	11,82
		min	11,46	11,39	0,01	85,87	-1,04	21,98	11,52
Azienda D	Interno preparazione pancali	med	7,29	8,61	0,26	99,40	-1,50	51,43	8,01
		max	9,16	11,43	1,02	100,00	-1,10	66,03	10,06
		min	5,60	7,08	0,00	96,34	-1,78	30,40	6,72
	Tettoia esterna	med	11,66	11,74	0,29	87,46	-0,97	24,88	11,71
		max	11,77	11,88	0,79	89,58	-0,90	27,05	11,80
		min	11,46	11,39	0,01	85,87	-1,02	21,98	11,52
Azienda E	Magazzino	med	20,84	21,43	0,20	70,88	0,77	17,71	21,14
		max	21,32	24,81	0,55	79,15	1,04	27,76	22,47
		min	20,45	20,98	0,01	66,71	0,71	15,49	20,86
	Raccolta in campo	med	20,41	31,40	2,55	78,56	2,55	31,40	78,56
		max	21,17	32,27	3,66	84,95	3,66	32,27	84,95
		min	19,61	29,53	1,25	75,20	1,25	29,53	75,20

Dall'analisi visiva, documentata anche con foto, si vedono donne con i capelli da cui scendono gocce dovute all'umidità.

Nell'ultima azienda, la E, la situazione del centro di lavorazione si presenta decisamente più soddisfacente, l'accesso alla cella frigorifera è limitato ad alcuni minuti, mentre le operazioni principali sono la cernita ed il confezionamento degli asparagi.

La azienda E cura la stessa raccolta e per curiosità (perché questi valori non sono certo modificabili dall'uomo) è stata fatta una verifica delle condizioni di lavoro in campo. I valori di campagna si mostrano, come ci si attendeva, insoddisfacenti, con un PMV medio di 2,55, dovuto soprattutto agli elevati valori della energia radiante.

4.5 CANTINE

Sono state infine analizzate le condizioni microclimatiche in due cantine di recente costruzione site in comune di Orte (VT). Le prove sono state eseguite nel periodo estivo. In queste due cantine il problema maggiore è stato evidenziato nella zona di imbottigliamento, per le alte temperature rilevate (intorno ai 27 °C).

Tabella 10 : Principali caratteristiche delle cantine esaminate e risultati dei rilievi

Cantina	N. addetti	Data rilievi	Attività	Descrizione struttura					
A Orte (VT)	4	03/07/02	Sala destinata all'imbottigliamento e inscatolamento del vino	Nuova costruzione prefabbricata, soffitti non molto alti e pareti con poche aperture					
B Orte(VT)	4	03/07/02	Sala destinata all'imbottigliamento e inscatolamento del vino	Nuova costruzione prefabbricata destinata a magazzino, in cui è stata ricavata la linea di imbottigliamento, soffitto molto alto					
Azienda	Postaz.	Valori	T _a °C	T _r °C	V _a ms ⁻¹	RH %	PMV	PPD %	To °C
Cantina A	imbottigliamento	med	27,57	28,12	0,14	66,68	1,76	64,9	27,87
		max	28,24	28,88	0,7	69,81	1,81	67,7	28,14
		min	26,79	27,86	0,01	63,9	1,71	62,0	27,56
	Celle di refrigerazione vino	med	23,39	23,84	0,10	78,14	1,32	41,4	23,60
		max	23,67	25,12	0,25	79,90	1,44	47,3	24,14
		min	23,03	23,45	0,01	76,10	1,28	39,1	23,38
	esterno	med	29,94	41,22	1,37	56,27			
		max	30,52	46,32	2,46	58,31			
		min	29,45	29,72	0,38	54,97			
Cantina B	imbottigliamento	med	26,57	26,66	0,10	70,17	1,54	53,2	26,63
		max	27,36	28,81	1,70	77,80	1,64	58,3	27,02
		min	25,38	26,18	0,01	64,05	1,38	44,5	26,21

Nella cantina A la causa è da attribuire ai numerosi macchinari presenti della struttura, e alle dimensioni degli ambienti di lavoro (altezza ridotta). Nella cantina B poi il locale destinato all'imbottigliamento è direttamente a contatto tramite grandi porte (che restano quasi sempre aperte) col piazzale antistante in asfalto, che raggiunge temperature di oltre 35°C. Da quelle porte transitano continuamente muletti che trasportano i bancali con il vino inscatolato o le scatole con i cartoni per

l'imbottigliamento. Per entrambe le strutture inoltre si sono evidenziate carenze nel grado di isolamento termico del solaio di copertura.

I valori di PMV risultano per le due cantine superiori a +1,5, mentre la situazione migliora nei locali dove sono ubicati i serbatoi per la refrigerazione del vino, in cui la temperatura oscilla intorno ai 23°C.

5 - CONCLUSIONI

Negli ambienti di lavoro agricoli ed agroindustriali il benessere termico è difficilmente realizzabile, perché l'uomo si trova spesso ad operare all'aperto o in presenza di animali o in situazioni in cui i parametri climatici devono essere tenuti all'interno di determinati intervalli, per garantire produzioni conformi agli standard di preparazione, di maturazione o di conservazione dei prodotti.

La presente ricerca ha lo scopo di effettuare una prima indagine presso alcuni dei più significativi tipi di impianto di lavorazione, dai caseifici, agli oleifici, alle cantine. Questa prima indagine mostra come la sensibilità dei progettisti degli ambienti di lavoro nei confronti del confort degli operatori sia ancor oggi molto scarsa. Le scelte tecniche privilegiano gli aspetti produttivi, mentre non si tiene sufficientemente conto delle caratteristiche termiche degli edifici, del funzionamento delle macchine e degli impianti, nonché dell'attività svolta dagli operatori.

La situazione del settore agroindustriale appare comunque estremamente diversificata.

Nelle sale di mungitura esistono ad esempio dei problemi soprattutto nel periodo invernale legato alle correnti d'aria che attraversano gli ambienti, come ad esempio all'apertura delle porte di ingresso ed uscita delle bovine. Nei caseifici il discomfort è dovuto invece ai passaggi degli operatori nelle stanze tenute a diverse condizioni di temperatura ed umidità, soprattutto nelle celle, dove si registrano temperature variabili da 3 a 7°C, per cui sarebbe opportuno che gli operatori stessi quanto meno modificassero il loro abbigliamento all'atto di questi passaggi. Più soddisfacente è la situazione degli oleifici, almeno in quelli in cui l'organizzazione del lavoro non comporta il frequente passaggio da zone di lavoro interne all'esterno.

La situazione di alcuni impianti di prima lavorazione degli ortaggi conferma le precedenti considerazioni generali. I più esposti sono ancora gli addetti alle celle frigorifere, soggetti a sbalzi di oltre 20 °C nella stagione estiva. Altri problemi sono dovuti al tasso eccessivo di umidità, che si aggira per le zone di lavaggio intorno al 100%.

Nelle cantine e nei nuovi opifici in genere, i rilievi svolti nella stagione estiva mostrano una scarsa attenzione dei progettisti e degli installatori. Gli ambienti raggiungono temperature di poco inferiori a quelle esterne, e i fabbricati non sono sufficientemente coibentati. Singolarmente, si hanno in maggior conto le condizioni di benessere dei prodotti agricoli che quelle di confort degli operatori.

Occorre infine evidenziare che lo studio degli ambienti di lavoro non si esaurisce con la valutazione degli indici di confort globale: è necessario anche valutare se sussistono condizioni di discomfort localizzato (forti correnti d'aria, gradienti termici eccessivi, forti asimmetrie nell'irraggiamento). La metodologia adottata, basata

sull'impiego degli indici di Fanger, si adatta bene allo studio dei singoli ambienti di lavoro, mentre non mette in evidenza i problemi, come quelli verificati nei nostri rilievi, legati al passaggio degli operatori tra ambienti con microclimi del tutto diversi.

6 - BIBLIOGRAFIA

- Alfano G., d'Ambrosio F.R., Riccio G., Disagio e stress termico: effetti, normative, valutazione e controllo, Atti Convegno dBA, Modena 17-19/9/98: 531-566.
- ASHRAE Handbook – Fundamentals - (1989), American Society of Heating, Refrigeration and Air conditioning Engineers, Atlanta, USA.
- Di Berardinis L.J., Handbook of occupational safety and health, Second Edition, John Wiley & Sons (1999).
- Lenzuni P., Valutazione e prevenzione del rischio Microclima, ISPESL, giugno 2000.
- Monarca D., Cecchini M., Nelli S., Valutazione del rischio da microclima in alcuni ambienti di lavoro agricoli e agroindustriali: indagine sperimentale e metodologica, 20° Congresso nazionale AIDII, Viterbo 19-21 giugno 2002
- Porceddu R., Monarca D., Cecchini M., Nelli S., La valutazione e la prevenzione del rischio da microclima in ambienti di lavoro agricoli e agroindustriali: indagine metodologica, Atti Convegno AIIA 2001, Vieste (Fg), 11-14 settembre 2001.
- Salvendy G., Handbook of human factor and ergonomics, Second Edition, John Wiley & Sons (1997).

Ricerca svolta nell'ambito del progetto MURST SICURA (COFIN 2000 - coordinatore nazionale prof. Giorgio Zoppello). La ricerca è stata coordinata dal prof. Monarca e dal prof. Panaro. Il contributo alla impostazione e allo svolgimento del lavoro va suddiviso in maniera paritetica tra gli Autori. Si ringrazia per la collaborazione il sig. Francesco Colopardi del Dip. Gemini.