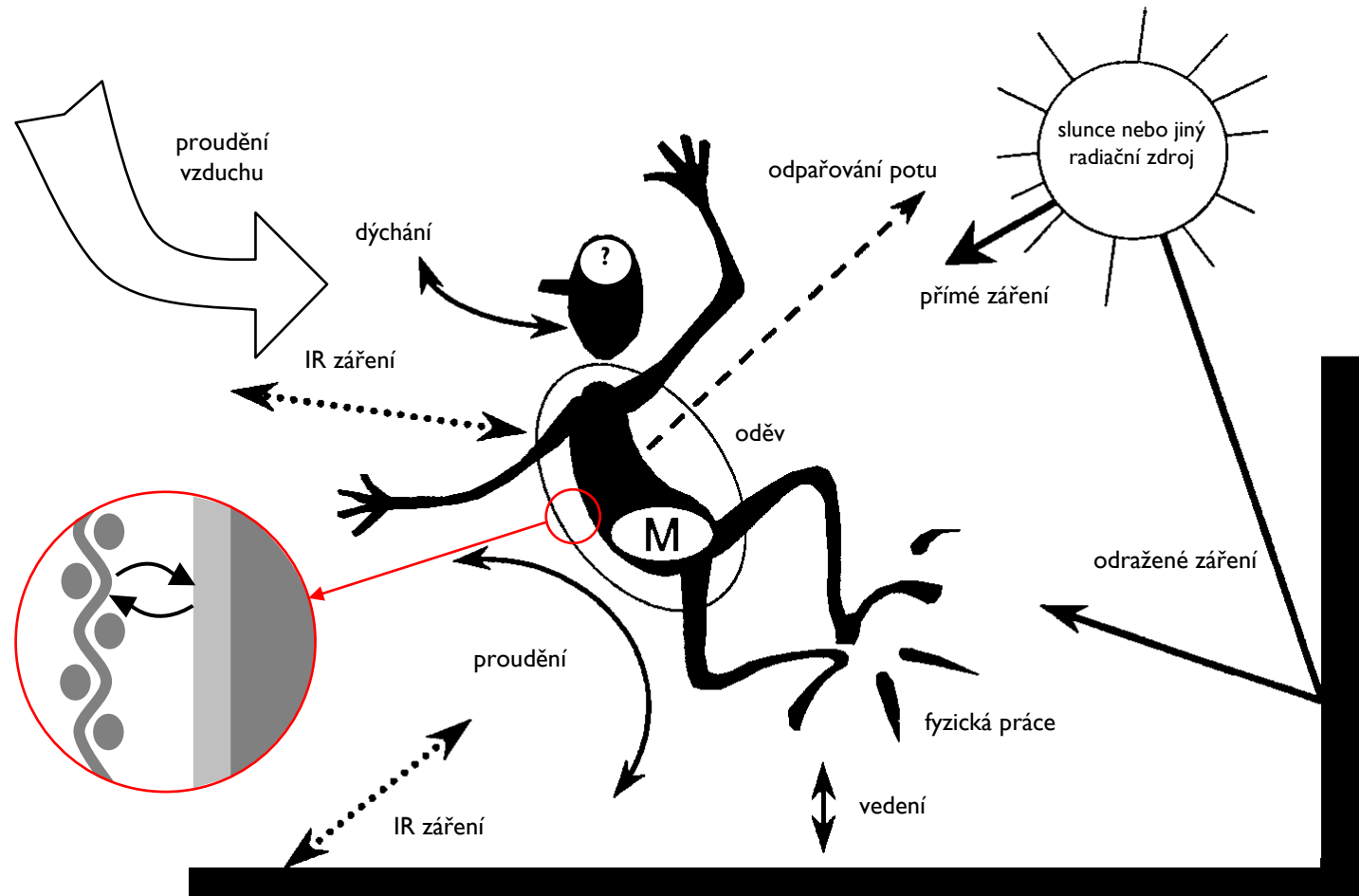


HODNOCENÍ TERMO-FYZIOLOGICKÉHO KOMFORTU ODĚVŮ

THERMAL MANIKINS

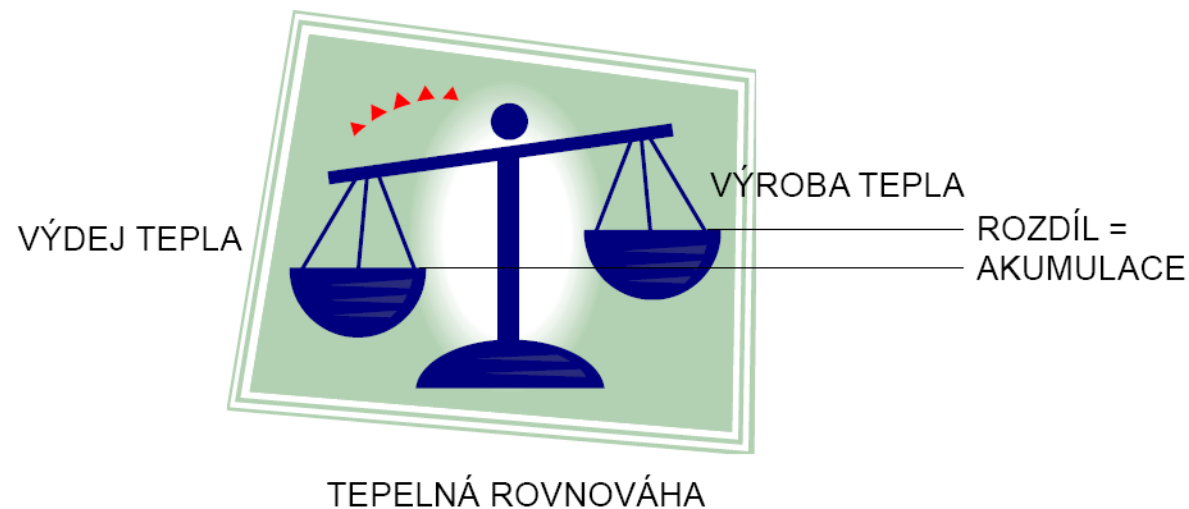


Organismus – oděv – prostředí

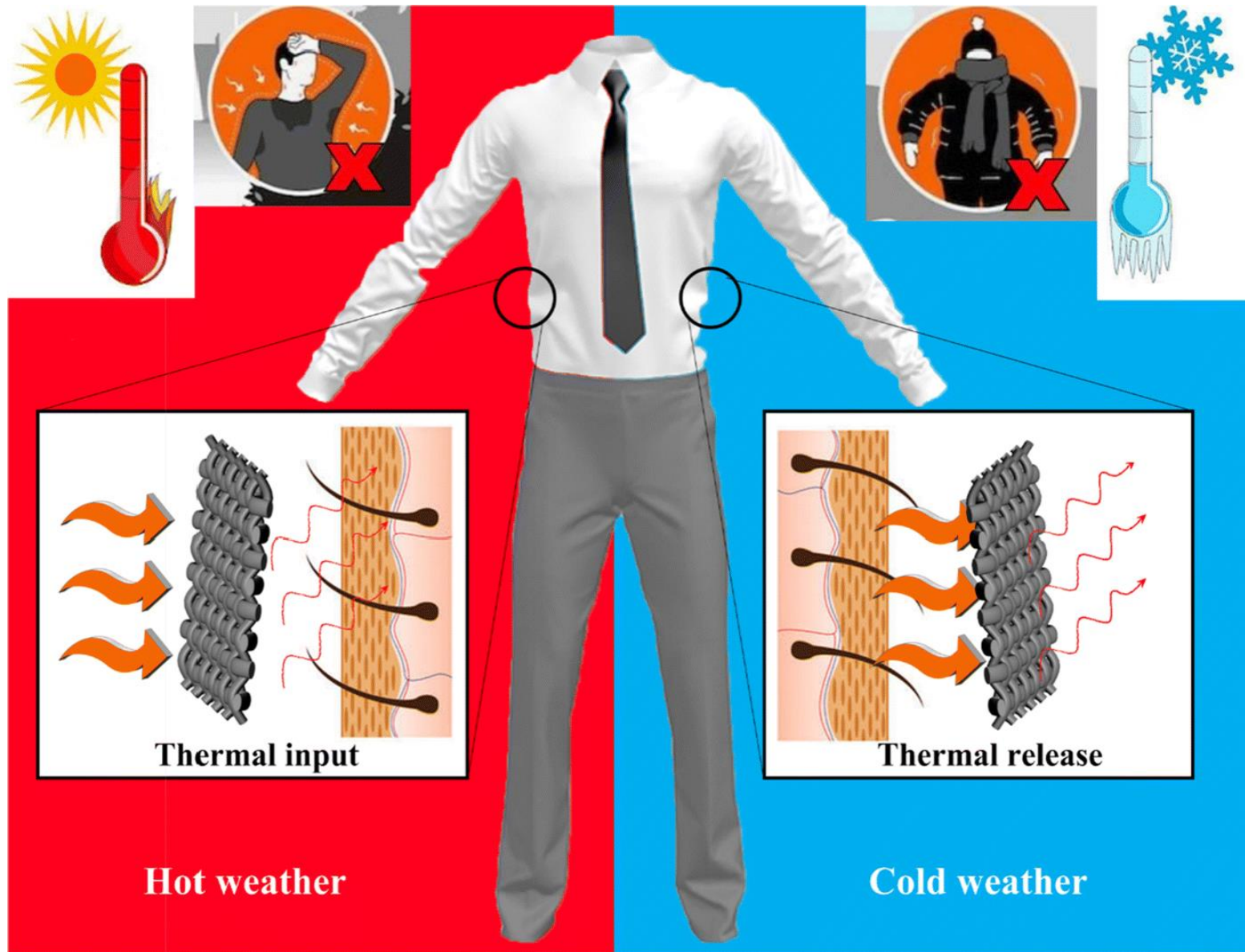


Tepelná rovnováha (tepelná pohoda, tepelná neutralita)

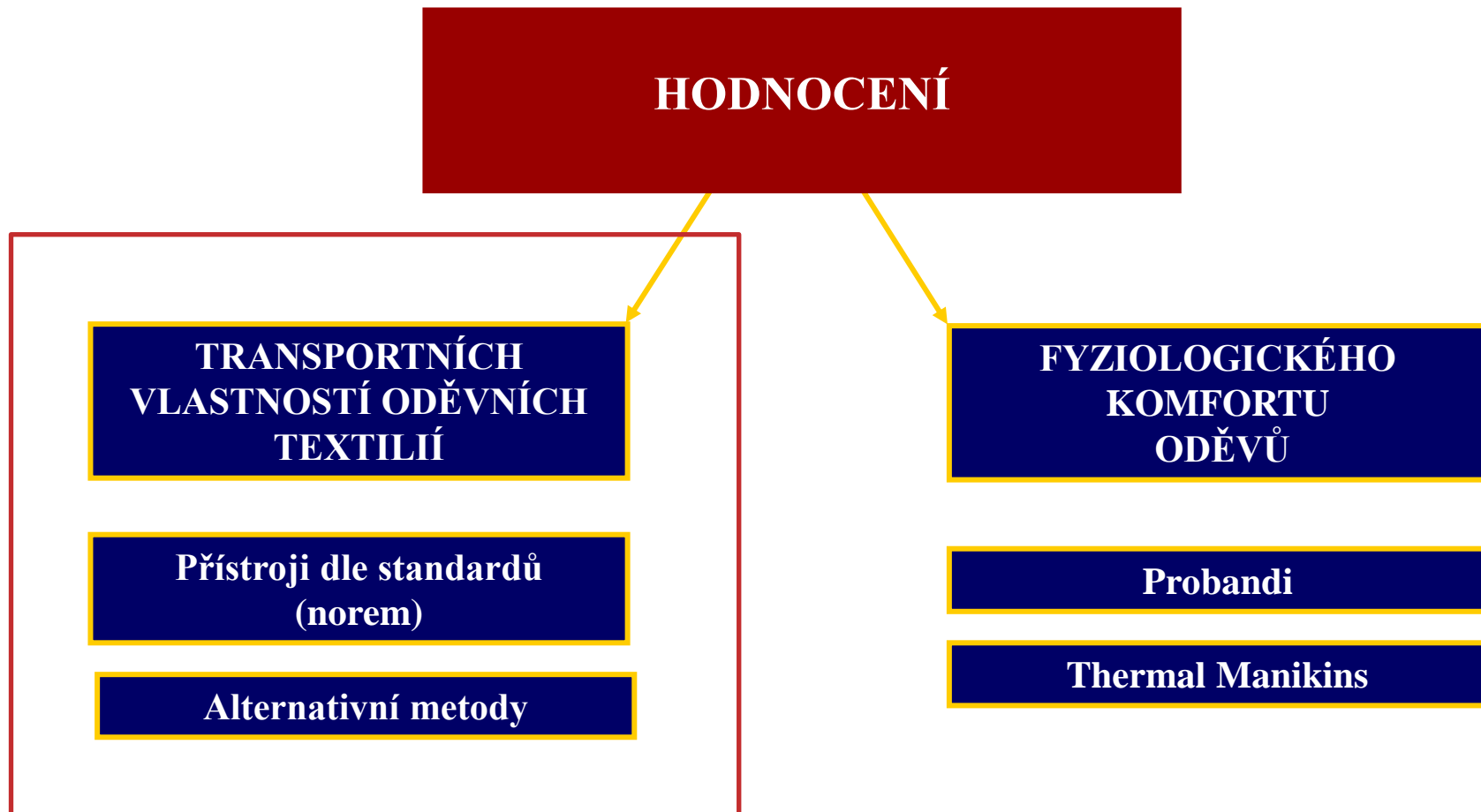
- ❑ **udržování stálé tělesné teploty** = celý systém v tepelně ustáleném stavu
- ❑ rovnováha mezi tvorbou tepla v organismu (metabolizmus + okolí) a přestupem tepla z organismu do okolí (sálání, vedení, proudění, odpařování a dýchání)



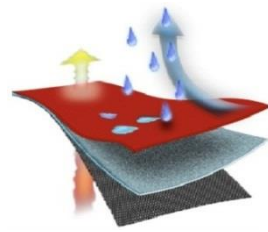
Funkce oděvu



Hodnocení termo-fyziologického komfortu



Transportní vlastnosti neboli propustnosti



- podle druhu prostupujícího média
 - *propustnost vzduchu – prodyšnost* $R [m/s]$
 - *propustnost vodních par* $WVTR [g/m^2 \cdot 24 \text{ hod}]$, $P [\%]$, $R_{et} [m^2 \cdot Pa/W]$
 - *propustnost tepla – tepelně izolační vlastnosti* $\lambda [W/m \cdot K]$, $R_{ct} [m^2 \cdot K/W]$
 - *propustnost vody – nasákavost, smáčivost, vzlínavost* $[\%]$, *st. et.*, $[mm]$

- podmínky prostupu média – materiál se nachází ve fyzikálním prostředí s různou intenzitou na obou jeho stranách → záleží na velikosti tlakového, teplotního gradientu, nebo rozdílu parciálního tlaku vodních par

Hodnocení transportních vlastností

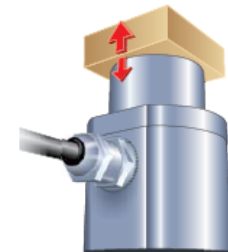
◦SDL M259 - TOGMETER



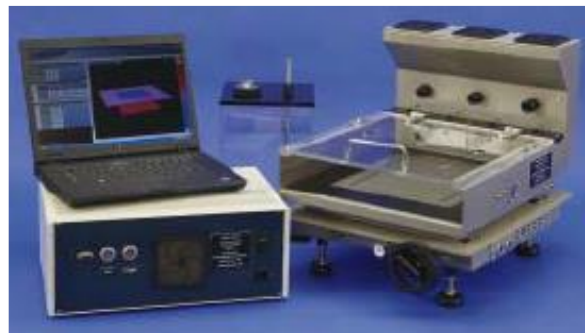
PSM 2 – SKIN MODEL



THERMAL CONDUCTIVITY ANALYZER (TCI)



ALAMBETA



SWEATING GUARDED HOTPLATE SYSTEM (SGHP)

PERMETEST



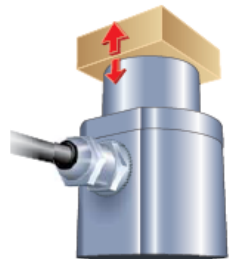
CUPMASTER

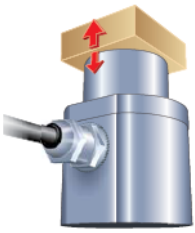
Hodnocení tepelně-izolačních vlastností

□ měřící metody

- **stacionární podmínky** měření, ve stavu kdy tepelný tok je ustálen tak, že se rozložení teplot uvnitř látky s časem nemění (SGHP, Togmetr, Alambeta,...)
- **nestacionární podmínky**, MTPS (Modified Transient Plane Source, TCi), měření během dynamiky „zahřívání“ objektu

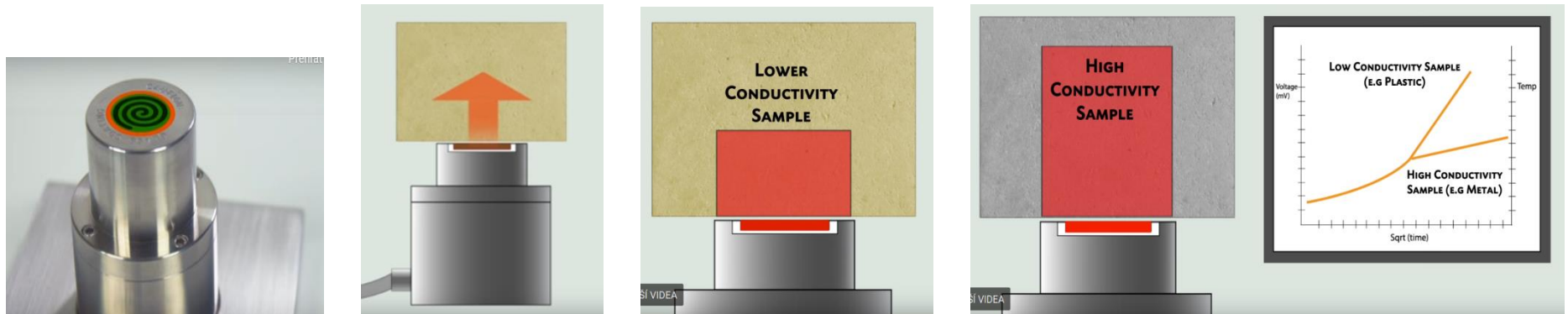
THERMAL CONDUCTIVITY ANALYZER (TCi tester)





Hodnocení propustnosti tepla

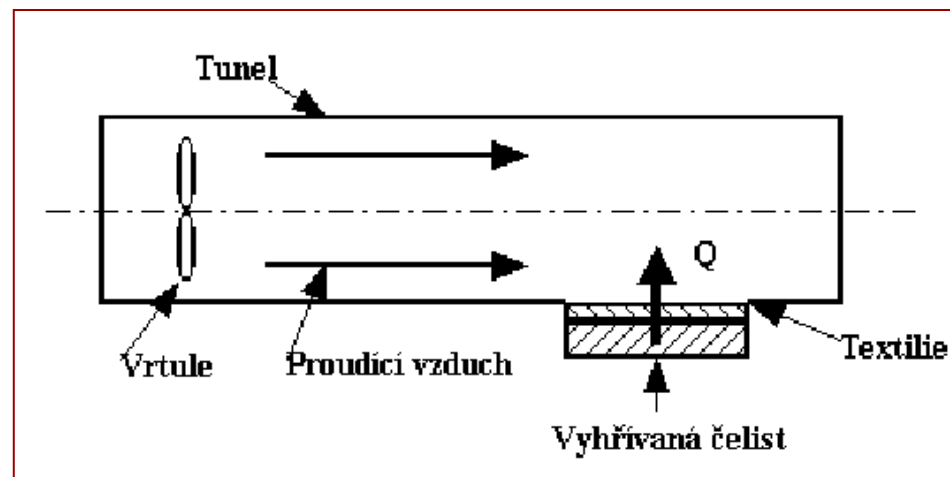
- ❑ **C-Therm TCi tester, (Thermal Conductivity Analyser)**
- ❑ měření tepelně izolačních vlastností pěnových, práškových i tekutých materiálů včetně textilních struktur, zvláště plošných textilií, dle normy ASTM D7984
 - *princip měření* - přístroj používá jednostranný mezi-kontaktní teplotně odrazivý snímač, ve kterém se mimo jiné nachází zdroj tepla, které proudí směrem od senzoru k materiálu. Zjišťuje se růst teploty snímače v přechodové rovině mezi vyhřívaným čidlem a zkoušeným vzorkem. Nárůst teploty na rozhraní snímače vyvolá změnu elektrického napětí na čidle. Čím větší je tepelně-izolační schopnost materiálu, tím strmější je nárůst elektrického napětí.
 - *výhoda systému* – rychlost měření (cca 2 min), nedestrukce vzorku – malá velikost vzorku (min 20x20mm), teplotní rozsah od -50 do 200°C



- *měřené parametry*: tepelná vodivost λ , TC [W/m.K],
tepelná jímavost b, TE [W.s^{1/2}/m²K]

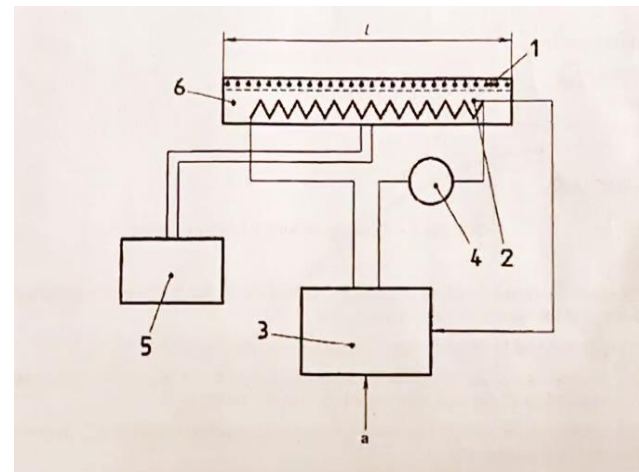
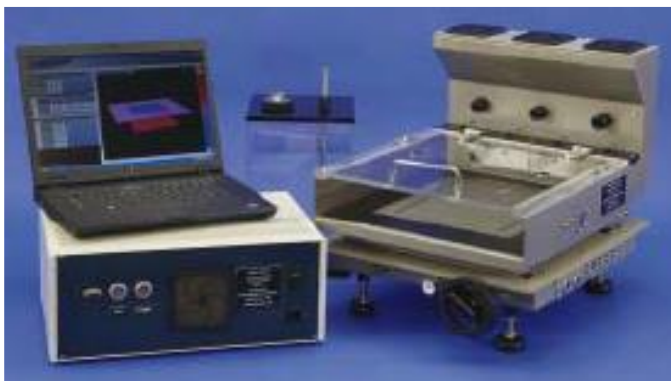
Hodnocení propustnosti tepla

- *princip měření metodou konstantní teploty* – vzorek textilie je umístěn na vyhřívané čelisti a po ustálení tepelného toku se odečítá množství energie, které je nutno dodat do vyhřívané čelisti, aby byl realizován stacionární tepelný tok (rozložení teplot uvnitř látky se s časem nemění)



Hodnocení propustnosti tepla, SGHP

- ❑ SGHP systém (Sweating Guarded Hot Plate), „skin model“
- ❑ ČSN EN 11092 (80 0819): Textilie – měření tepelné odolnosti a odolnosti vůči vodním parám
 - *podmínky měření* – teplota kůže (vyhříváné ocel.desky) 35 °C, teplota okolí 20°C, vlhkost okolí 65% RH, rychlost proudícího vzduchu nad vzorkem 1 m/s



- *hodnocený parametr* – **tepelný odpor R_{ct}** [m²K/W], rozdíl teplot mezi dvěma povrchy materiálu dělený výsledným tepelným tokem na jednotku plochy ve směru gradientu

$$R_{ct} = \frac{(T_m - T_a) \cdot A}{H - \Delta H_c} - R_{ct_0}$$

kde R_{ct_0} - konstanta přístroje [m² K/W], T_m - teplota měřicí jednotky [°C], T_a - je teplota vzduchu ve zkušební komoře [°C]
A- plocha měřicí jednotky [m²], H - výhřevnost dodávaná dodávána měřicí jednotce [W], ΔH_c - je korekce pro výhřevnost při měření tepelné odolnosti R_{ct} ,

Hodnocení propustnosti vodních par, SGHP

- *princip měření* – elektricky vyhřívaná porézní destička zakrytá membránou (propouští vod. páry, nepropouští vodu) a vzorkem plošné textilie → voda přiváděná k destičce se odpařuje a vod. páry prochází membránou a následně textilií → tepelný tok, nutný pro zachování teploty na destičce, je mírou rychlosti vypařování
- *podmínky měření* – teplota kůže (vyhřívané ocel.desky) 35 °C, teplota okolí 35 °C vlhkost okolí 40% RH, rychlost proudícího vzduchu nad vzorkem 1 m/s
- *nevýhoda* – dlouhá doba ustalování tepelného toku, doba měření 1-1,5 h
- *hodnocený parametr* – **výparný odpor Ret [$m^2 \cdot Pa/W$]**- je rozdíl tlaku vodních par mezi dvěma povrchy materiálu dělený výsledným výparným tepelným tokem na jednotku plochy ve směru gradientu

$$Ret = \frac{(P_m - P_a) \cdot A}{H - \Delta H_e} + Ret_0$$

p_m nasycený parciální tlak vodní páry [Pa] na povrchu měřící jednotky při teplotě T_m , p_a parciální tlak vodní páry ve vzduchu [Pa] ve zkušebním prostoru při teplotě T_a , A plocha měřící jednotky [m^2], H výhřevnost dodávaná měřící jednotce [W], ΔH_e korekce pro výhřevnost při měření odolnosti vůči vodním parám Ret .

Druh činnosti	Produkce vod.par [g / m ² /24 h]
Klidový stav	1 200 – 1 500
Chůze	5 000 – 10 000
Běh	20 000 – 28 000
Extrémní fyzická zátěž	nad 35 000

RET < 6	<i>velmi dobrá</i>	<i>nad 20 000 g/m² za 24 hod.</i>
RET 6 – 13	<i>dobrá</i>	<i>9 000 - 20 000 g/m² za 24 hod.</i>
RET 13 - 20	<i>uspokojivá</i>	<i>5 000 - 9 000 g/m² za 24 hod.</i>
RET > 20	<i>neuspokojivá</i>	<i>pod 5 000 g/m² za 24 hod.</i>

Hodnocení propustnosti vodních par

□ index propustnosti vodních par i_{mt} [-]

- je poměr tepelné odolnosti ku odolnosti vůči vodním parám

$$i_{mt} = \frac{R_{ct}}{R_{et}} \cdot S \text{ [-]}$$

$i_{mt} = 0$... materiál nepropouštějící vodní páru

$i_{mt} = 1$... materiál s odolností vůči vodním parám stejnou
jako má vrstva vzduchu shodné tloušťky

S ... koeficient, 60 Pa/K

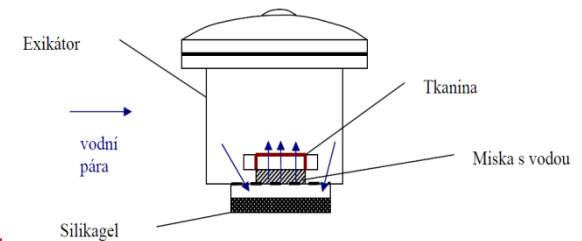
Klasifikace termoregulačních vlastností

TNI CEN /TR 16422 – technická normalizační informace. Definiuje míru funkcionality oděvu v daném prostředí. Specifikace do jakého prostředí a pro jakou fyzickou aktivitu se daný oděv hodí. Klasifikace do tří úrovní a to: A, B a C. Konkrétní hodnoty testovaných transportních vlastností vymezují jednotlivé úrovně A - velmi dobrá úroveň, B - dobrá úroveň a C - přijatelná úroveň.

Tabulka 1 – Úrovně vlastností pro materiály ve styku s pokožkou, teplé podnebí

Vlastnost	Jednotka	A	B	C
Tepelný odpor ISO 5085-1 nebo EN 31092	m ² KW	$R_{ct} \leq 0,015$	$0,015 < R_{ct} \leq 0,03$	$0,03 < R_{ct} \leq 0,04$
Přestup vodních par				
Pleteniny Index propustnosti vodních par EN 31092	index 0-1	$i_{mt} \geq 0,35$	$0,35 > i_{mt} \geq 0,25$	$0,25 > i_{mt} \geq 0,15$
Tkaniny Výparný odpor EN 31092	m ² Pa/W	$R_{et} \leq 3$	$3 < R_{et} \leq 4$	$4 < R_{et} \leq 5$
Prodyšnost EN ISO 9237	mm/s	-	-	-
Odolnost proti pronikání vody a vodoodpudivost				
Odolnost proti pronikání vody EN 20811	cm H ₂ O	-	-	-
Vodoodpudivost EN 29865 EN 24920	stupeň 1–5 rychlost zkrápění	-	-	-
Vedení kapalného potu				
Vedení kapalné vlhkosti AATCC TM 195	index	OMMC ≥ 4	$4 > OMMC \geq 3$	OMMC < 3
Převod kapalného potu Příloha B (25 °C; 50 % r.v.)	g/m ² h	$F \geq 810$	$810 > F \geq 765$	$765 > F \geq 695$
Vyrovnávání kapalného potu Příloha B	index 0–1	$K_f \geq 0,95$	$0,95 > K_f \geq 0,85$	$0,85 > K_f \geq 0,78$

Hodnocení propustnosti vodních par



- ❑ **FX 3180 CupMaster - gravimetrická metoda (přímá), JIS L 1099-A (Japonsko)**
 - *princip metody* – voda je odpařovaná skrz plošnou textilií v klimatizované komoře. Následný úbytek vody je odečten od původního množství vody podle vzorce a stanoven parametr WVTR (Water Vapour Transmission Rate) v [g/m².24h]

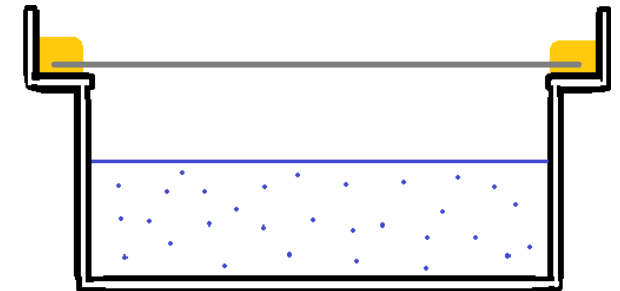
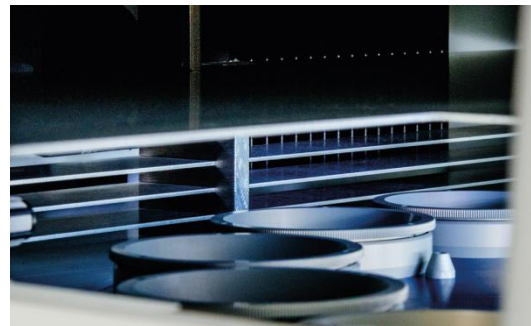
$$WVTR = \frac{a_2 - a_1}{S_A}$$

a_2 – původní hmotnost vody,

a_1 – hmotnost vody v misce po testu

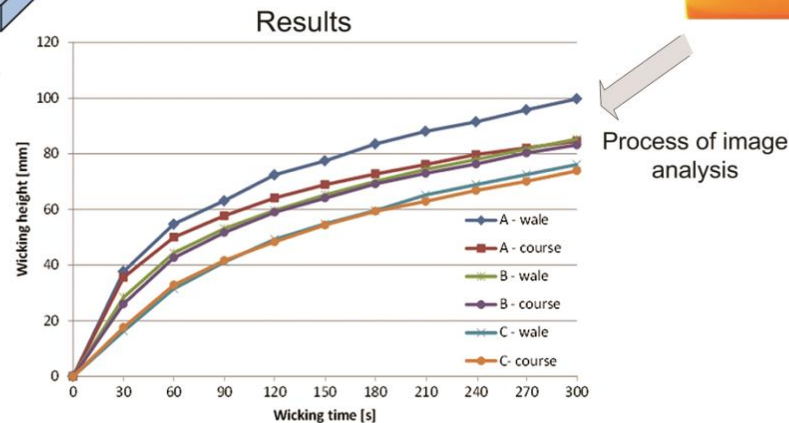
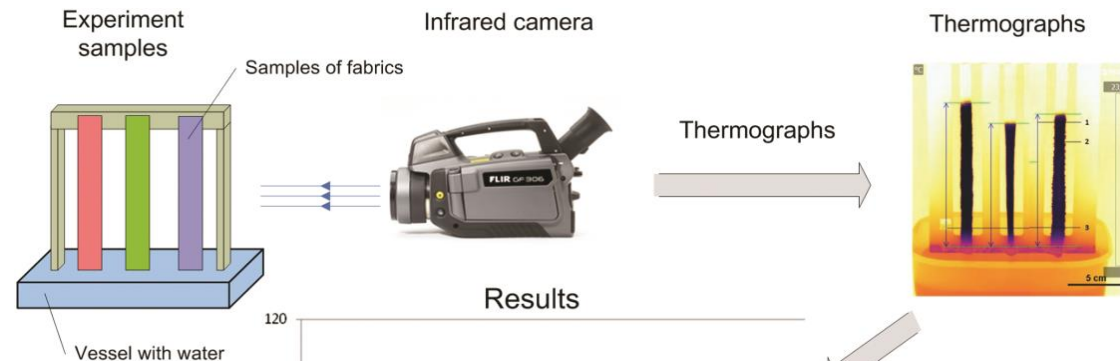
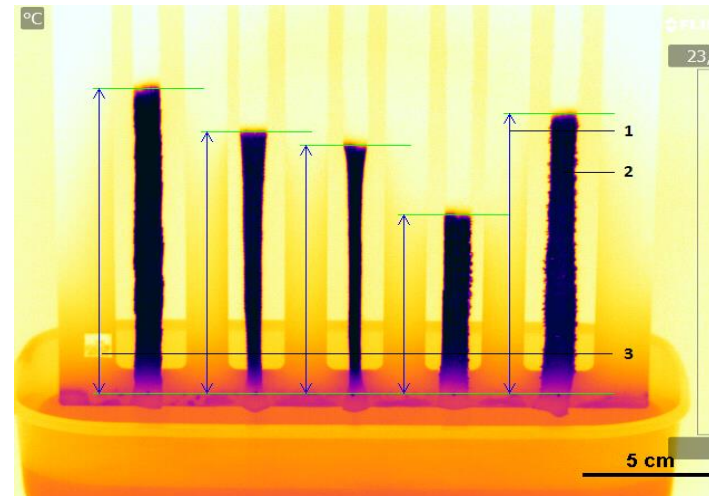
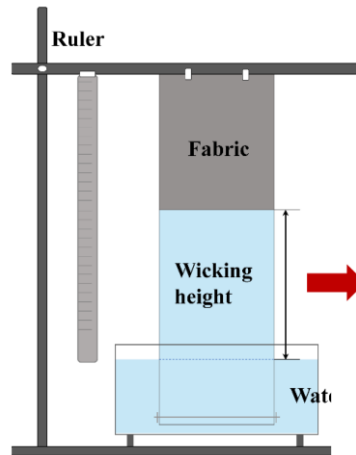
S_A – plocha vzorku

- *podmínky měření* - $t = 40^\circ\text{C}$, relativní vlhkost $\varphi = 50\%$, rychlost proudícího vzduchu $v = 0,8 \text{ m/s}$
- 12 vzorků najednou, dlouhá doba měření 24 h

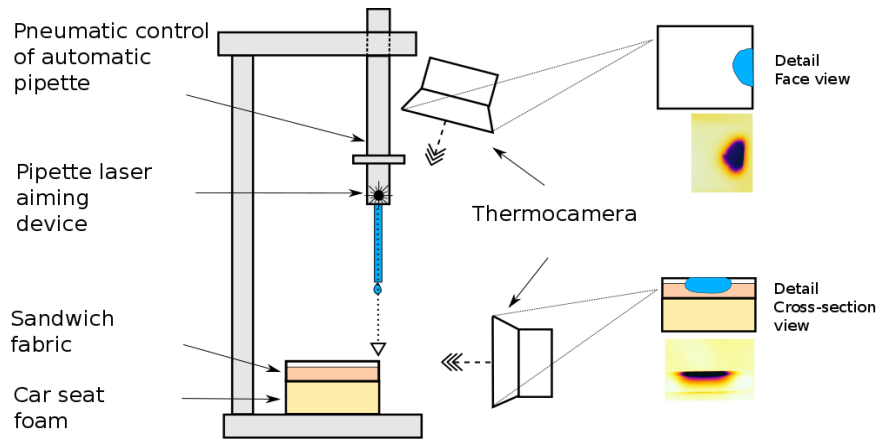
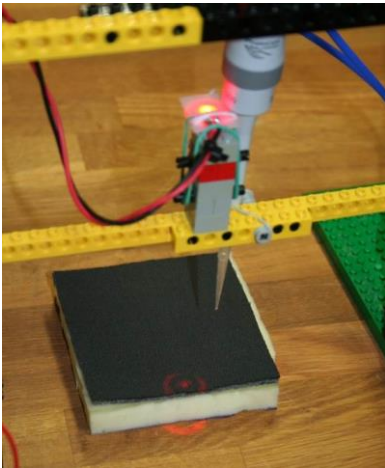


Evaluace distribuce vlhkosti - termografie

- hodnocení vztlínivosti, termografie + obrazová analýza, eliminace problému tmavých materiálů



Evaluation of wicking of car seat covers in both transversal and horizontal plane



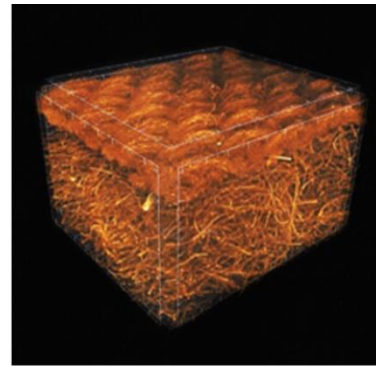
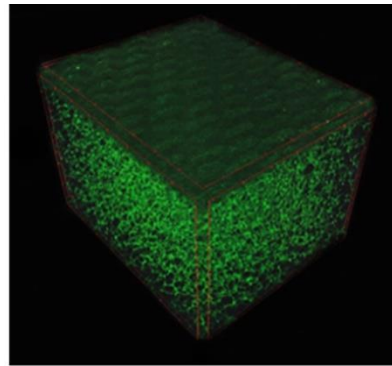
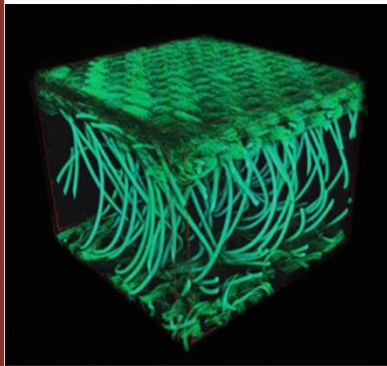
dynamic water spreading in **horizontal** plane of sample, on the upper face

dynamic water spreading in cross-section in the **transversal** plane of sample

knitted spacer fabric

PU foam

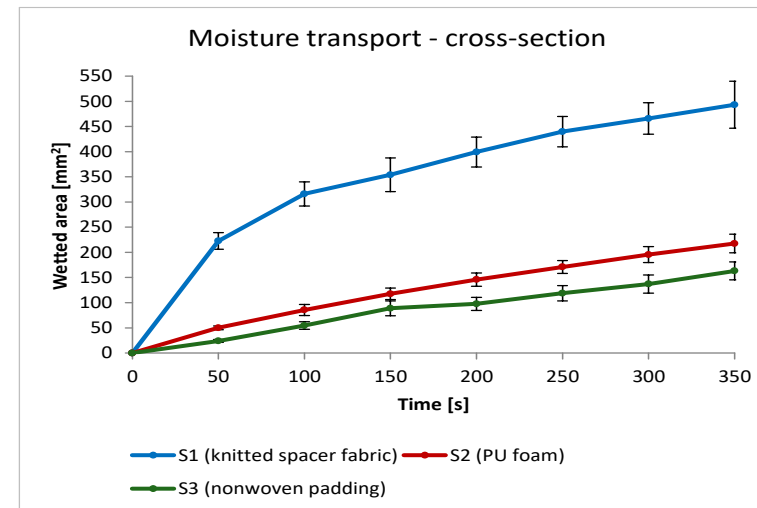
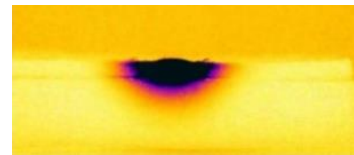
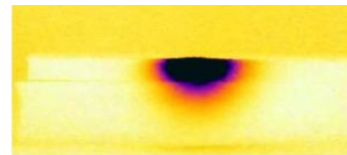
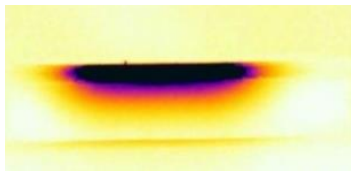
nonwoven



a

b

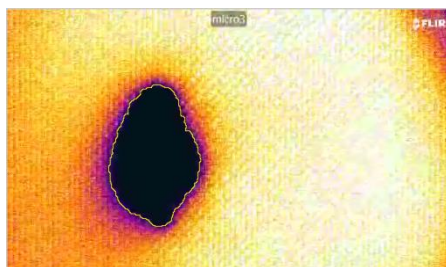
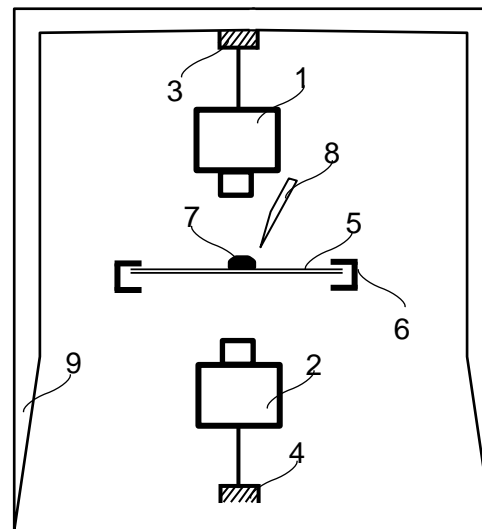
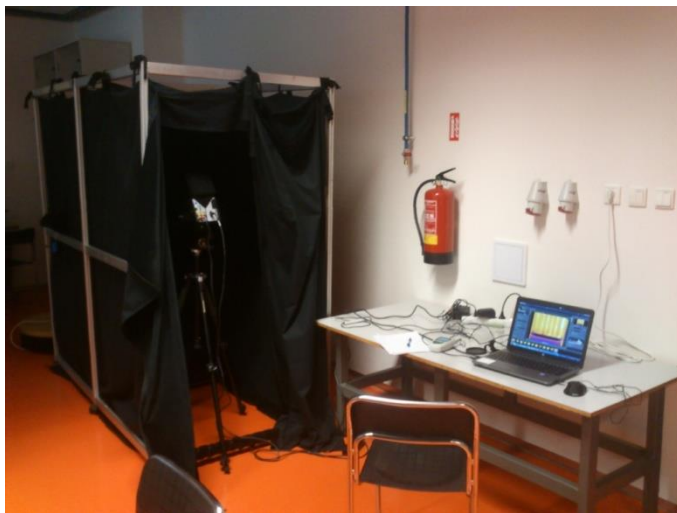
c



Thermograms - wetted area in cross-section of a sandwich in time of 350 seconds

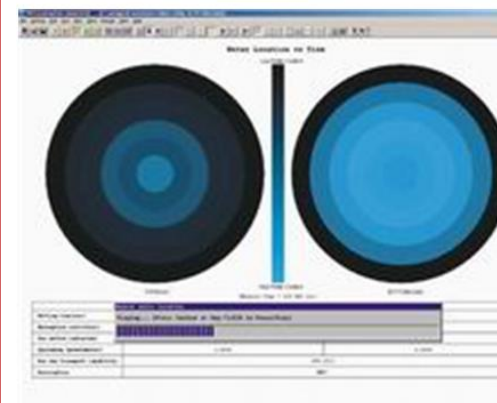
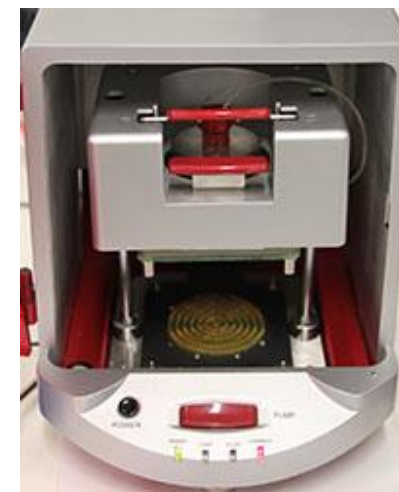
Smáčivost (horizontal wicking)

☐ hodnocení s využitím termografie



- sledování distribuce vlhkosti v rovině textilie z rubní i lícni strany najednou
- rychlost šíření v různých směrech
- zjištěné charakteristiky (zvlhčená plocha rub/líc, tvarové charakteristiky: kruhovitost objektu, protažení a orientace objektu.....)
- vyhodnocení: obrazová analýza, Matlab

☐ MMT



Hodnocení transportních vlastností

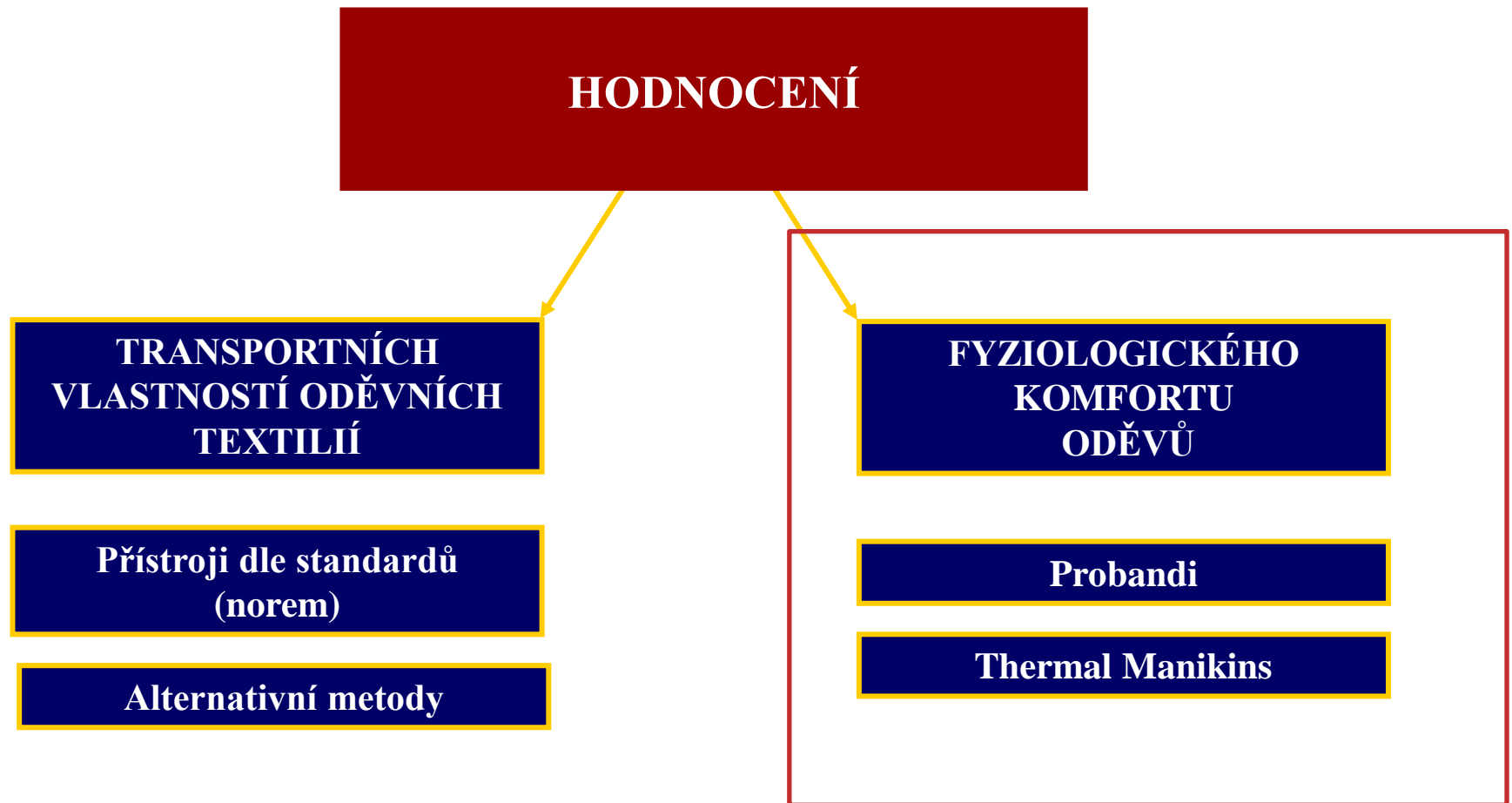
□ *standardní metody*

- **dle norem ISO, EN, ČSN**
- objektivita měření, **zachování normovaných podmínek** měření (teplota $20 \pm 2^\circ\text{C}$, relativní vlhkost $65 \pm 2\%$), *! Nereflektuje reálné podmínky nošení!*
- **stacionární charakter přenosu médií**, *! Nestacionární charakter transportu (parametry prostupu v daném časovém úseku jsou nekonstantní)!*
- transportní vlastnosti zkoumány **převážně odděleně**, *!Působení několika médií najednou a častokrát z obou stran (vzduch, vodní pára, teplo, voda) → kombinovaný přestup!*
- textilie - vysokomolekulární látka změna konfigurace molekulové a nadmolekulové struktury vlivem působení vlhkosti a tepla → prostup nehomogenní vrstvou (vlhkost bobtnání vláken pórovitost, vodivost textilie)
- menší časová náročnost měření, menší spotřeba vzorků, levnější
- nepřítomnost lidského subjektu, který tvoří neoddelitelnou část systému „organismus – oděv – prostředí“
- hodnocení transportních vlastností vlastní textilie, ze kterého je oděv tvořen, chybí vliv tloušťky mikroklimatu, siluety oděvu, konstrukčního a technologického řešení oděvu, měření naplocho, real - cylindrický tvar oděvu, atd

□ *modifikované metody (včetně tepelných figurín)*

- **simulace reálných podmínek** (teplota, proudící vzduch, vlhkost), pro které jsou testované oděvní výrobky určeny
- zkoumání **transportních vlastností v kombinaci**
- **začlenění lidského faktoru** (nebo figuríny simulující termoregulační chování lidského organismu) do měření
- **hodnocení oděvu jako komplexu**: vliv siluety oděvu, konstrukčního a technologického řešení oděvu
- větší časová náročnost měření, větší spotřeba vzorků (materiálu)
- vyšší náklady

Hodnocení termo-fyziologického komfortu



Hodnocení komfortních vlastností oděvů

- ❑ komplexní hodnocení komfortu oděvního výrobku v závislosti na:
 - reakci lidského organismu
 - klimatickém prostředí
 - oděvním systémem, do kterého je zkoumaná osoba oděna (silueta – volnost oděvu, „tloušťka“ mikroklimy, konstrukční a technologické zpracování, atd.)
- ❑ věrohodnější a přesnější zobrazení skutečné funkční hodnoty textilie a oděvního výrobku
- ❑ hodnocení:
 - objektivně
 - subjektivně
 - kombinace objektivního a subjektivního hodnocení

Hodnocení komfortních vlastností oděvů

☐ subjektivně

- zkoušky nošením, vyhodnocení - formou dotazníku
- zahrnut pocit nositele - pocit tepla (mírné teplo – teplo – horko), pocit chladu (chladno – zima – tuhnutí), vlhkostní pocity
- nejčastěji 3 nebo 5 – ti bodová škála hodnocení, dle normy i 9 bodová

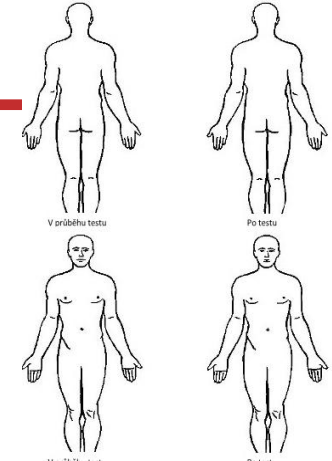
☐ objektivně

- osoba (proband) nebo tepelný manekýn (figurína) vykonává činnost na přístrojích v bioklimatické komoře, střídání fází klidu a zátěže
- nastavitelné parametry prostředí (teplota, vlhkost, rychlost proudění vzduchu)
- snímání teploty pokožky, vlhkosti produkované organismem (senzory)
- hodnocení není závislé na vnímání nositele

☐ kombinace

- časový záznam subjektivních pocitů probanda (reakce na vytvořené podmínky v bioklimatické komoře) je konfrontován s časovým průběhem tělesných povrchových teplot a vlhkosti produkované organismem (snímáno přístroji)

Subjektivní hodnocení fyziologického komfortu probanda při simulované zátěži



Protokol o průběhu testování					
		start	1/2	konec	relaxace
Datum testu:		Čas testu (časový plán):			
Klimatické podmínky:					
Proband:		Typ oděvu (vršek/spodek)			
Typ (označení) testu					
Termogram:					
Poznámky:					

Jaký máte nyní pocit? (označte příslušný čtvereček): Je mi ...

1a) Tepelná vnímavost										
Před testem										
Počas testu										
Po testu										
Relaxace										
Pól A	(-4)	-3	-2	-1	0	1	2	3	(4)	Pól B
Chlad	Velká zima	Zima	Chladno	Mírně chladno	Neutrální bod	Mírně teplo	Teplo	Horko	Velké horko	Horko
Chladnější					ani horko ani zima	Teplejší				

1b) Schledali by jste ho jako ... ?

Před testem				
Počas testu				
Po testu				
Relaxace				
	Komfortní	Mírně diskomfortní	Diskomfortní	Velmi diskomfortní
				Extrémně diskomfortní

Poznámky:

- Před testem - před začátkem měření
- Počas testu - po 1/2 testu
- Po testu - na konci testu
- Relaxace - po 10 minutách

Stupeň intenzity 4 značí extrémní limitní stav diskomfortu!

Středový bod nerozhodnosti odpovídá absenci změny.

Jaký máte nyní pocit? (označte příslušný čtvereček): Je mi ...

2a) Vlhkostní vnímavost					
Před testem					
Počas testu					
Po testu					
Relaxace					
Pocit vlhkosti	0	1	2	3	4
	Sucho	Trochu vlhko	Mírně vlhko	Velmi vlhko	Extrémně vlhko

Poznámky:

- Před testem - před začátkem měření
- Počas testu - po 1/2 testu
- Po testu - na konci testu
- Relaxace - po 10 minutách

Hodnocení komfortních vlastností oděvů

☐ subjektivně

- zkoušky nošením, vyhodnocení - formou dotazníku
- zahrnut pocit nositele - pocit tepla (mírné teplo – teplo – horko), pocit chladu (chladno – zima – tuhnutí), vlhkostní pocity
- nejčastěji 3 nebo 5 – ti bodová škála hodnocení, dle normy i 9 bodová

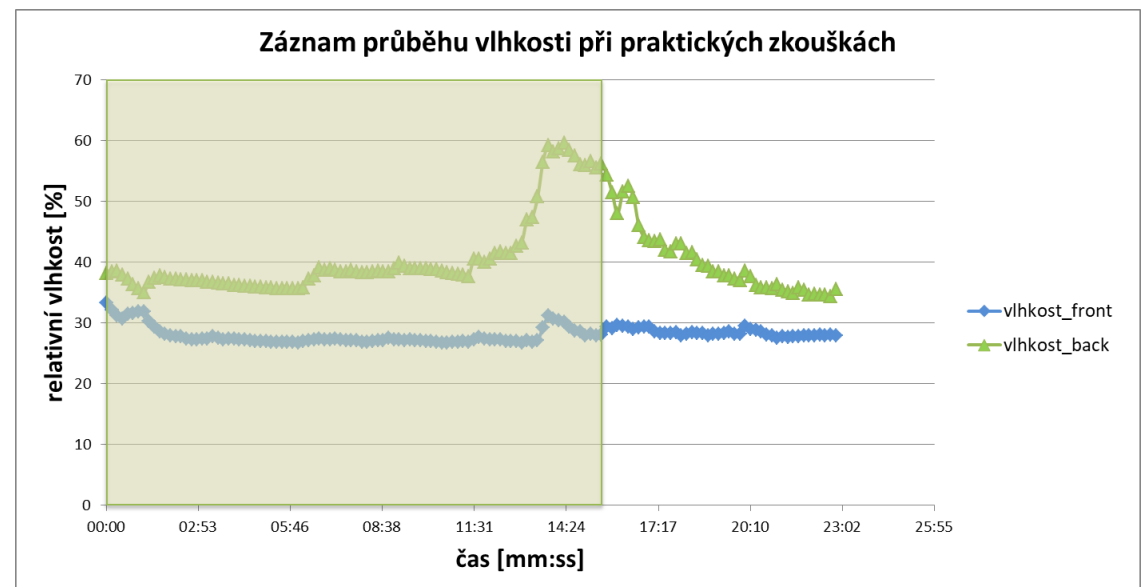
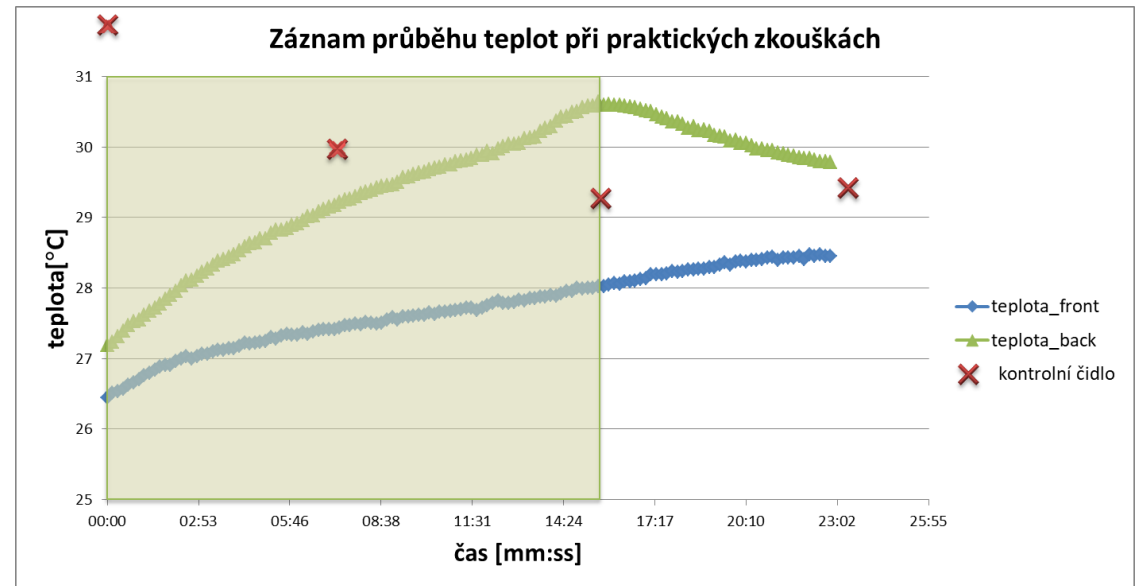
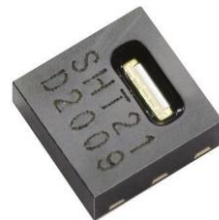
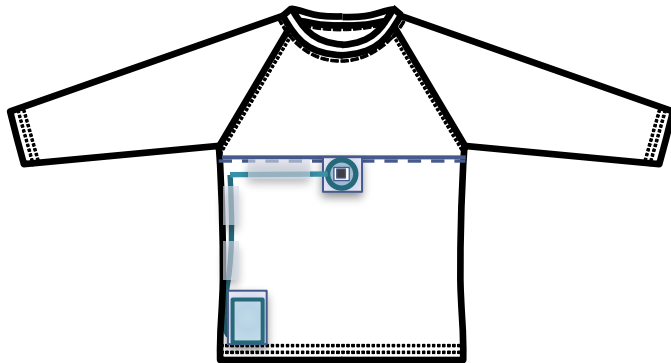
☐ objektivně

- osoba nebo tepelný manekýn (figurína) vykonává činnost na přístrojích v bioklimatické komoře, střídání fází klidu a zátěže
- nastavitelné parametry prostředí (teplota, vlhkost, rychlost proudění vzduchu)
- snímání teploty pokožky, vlhkosti produkované organismem (senzory)
- hodnocení není závislé na vnímání nositele

☐ kombinace

- časový záznam subjektivních pocitů probanda (reakce na vytvořené podmínky v bioklimatické komoře) je konfrontován s časovým průběhem tělesných povrchových teplot a vlhkosti produkované organismem (snímáno přístroji)

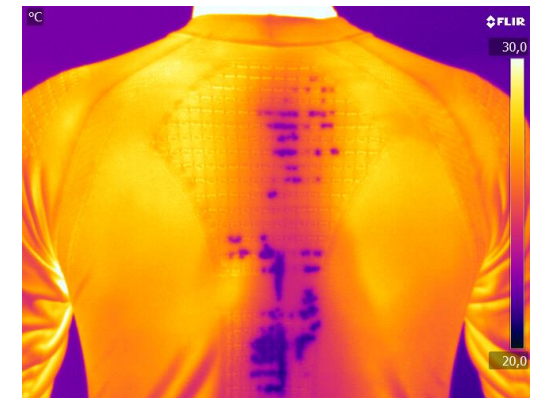
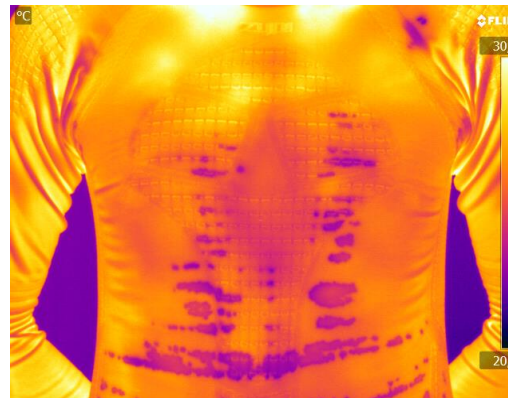
Objektivní hodnocení fyziologického komfortu probanda při simulované zátěži



Objektivní hodnocení fyziologického komfortu probanda při simulované zátěži



Termogram probanda po relaxaci 10 minut – „tmavší“ místa (místa s nižší zdánlivou teplotou) na termogramu indikují místa, v kterých došlo k transportu vlhkosti od pokožky probanda na povrch oděvu a která jsou nasycena potem probanda.



Tepelné figuríny – Thermal manikins



Tepelné figuríny – Tepelní manekýni

- ❑ napodobují termoregulační funkce lidského organismu
- ❑ hodnocení
 - fyziologického komfortu oděvů včetně procesů v mikroklimatu (tvar a velikost vzduchové mezery, vliv siluety oděvu, konstrukčního a technologického řešení)
 - testování oděvů do extrémních klimatických podmínek, profesní ochranné oděvy
 - v prostředí, kde při testování nelze využít lidských subjektů – toxické látky
 - čistota ovzduší
 - simulace fyziologických podmínek – budovy (HVAC), dopravní prostředky, inkubátory, ...
- ❑ vývoj cca 100 manekýnu za posledních 80 let, nejčastěji využívané figuríny (cca 7 typů) : ADAM, NEWTON (USA); COPPELIUS (Finsko); WALTER (Hong Kong); SAM (Švýcarsko); TARO, KEM (Japonsko)



a) Diana



b) Tore



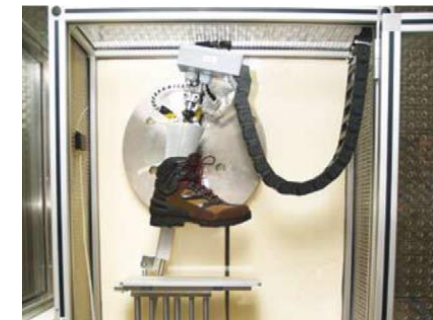
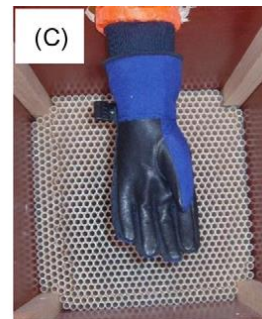
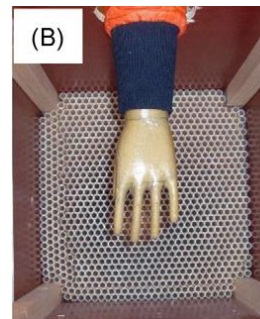
c) Newton



d) SAM

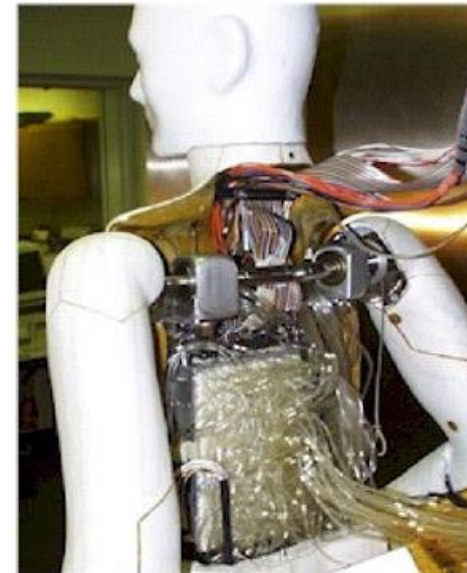
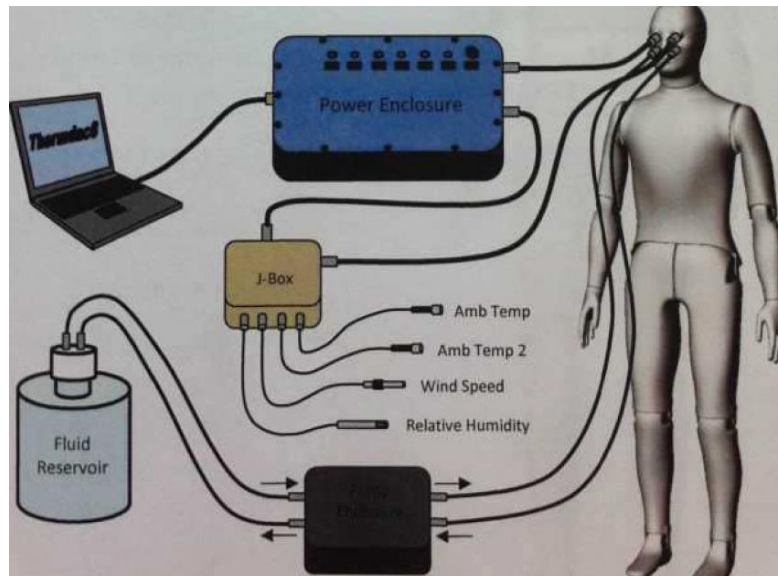
Klasifikace tepelných figurín

- dle časového vývoje a funkcionality
 - I. generace – torzo, nepohyblivé stojící figuríny, nepotící se
 - II. generace – pohyblivé kloubové figuríny (různé statické polohy), nepotící se
 - III. generace – pohyblivé figuríny (rychlost chůze 2,5 – 6 km/h) potící se, s funkcí dýchání
- dle způsobu řízení manekýna
 - princip tepelných ztrát
 - princip konstantního tepelného toku
 - princip konstantní teploty
- dle antropometrie
 - full body
 - body part – specifické části těla (ruka, noha, hlava)



Základní části tepelných manekýnů

- ❑ **outer skin** – plastic (polyester), heat conducted composites (conductive carbon-epoxy composite shell, fiberglass composite), metal (aluminium, cooper), PES fabric
- ❑ **heating supply system**– (connected in the skin or interior of manikin), the more is the heating elements (resistance wire) embedded inside the manikin; the higher is the stability of the heat supply to the skin surface.
- ❑ **sweating supply system** – sweating nozles, wet fabric „skin“, etc source of water
- ❑ **sensors system** – wire elements into skin, sensors for enviromnts condition measurement (temperature, humidity, air speed)
- ❑ **PC control unit**



Způsoby simulace pocení

- pumping water to the manikin surface through sweating nozzles, e.g., “NEWTON” sweating manikin
- advanced porous metal sweating skin, e.g., the advanced automotive manikin “ADAM”
- holding water using a piece of waterproof, but moisture-permeable fabric “skin”, e.g., the “WALTER”
- covering a piece of prewet fabric “skin” onto a dry heated manikin, e.g., “TORE”

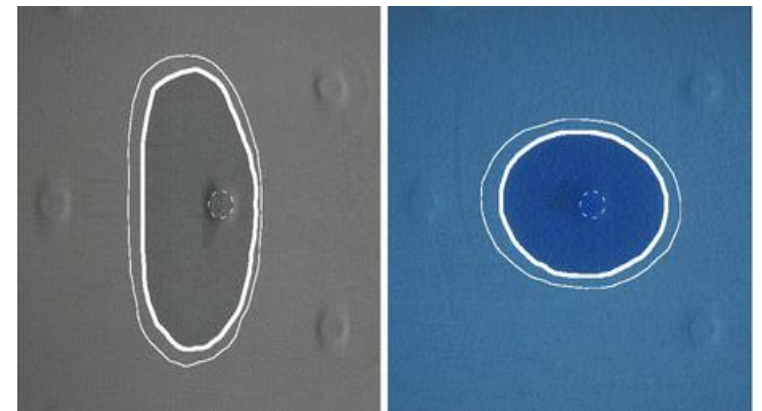
Simulation through sweating nozzles and wicking fabric skin - Newton



sweat-glands by sweating nozzles



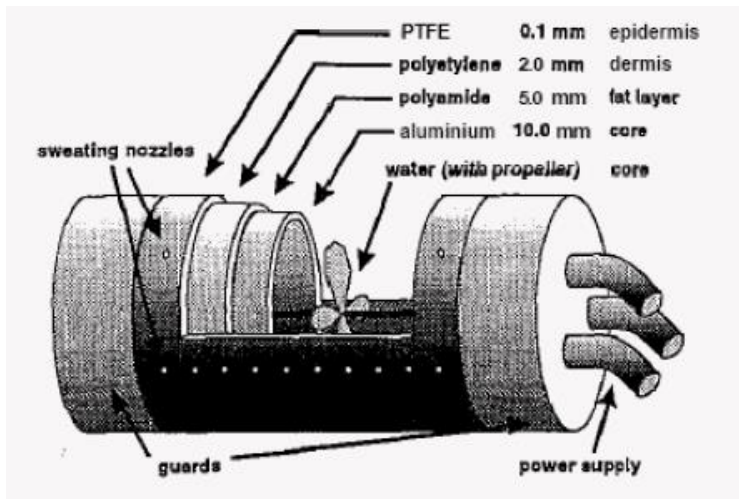
„wicking fabric skin“



„different distribution of water by „fabric skin“

Vývoj tepelných figurín

- ❑ **POTÍCÍ SE TORZO** ... předchůdce tepelných manekýnů (1940, USA – hodnocení tepelně izolačních vlastností armádních oděvů, 1941, USA – vývoj a standardizace jednotky tepelné izolace oděvu „clo“ ($1 \text{ clo} = 0,155 \cdot R_{ct} [\text{m}^2\text{K/W}]$, oblek s vestou + košile s dlouhým rukávem + spodní prádlo))
 - 1/4 celkového povrchu lid.těla, EMPA – Švýcarsko, Tampere – Finsko, Thermetrics - USA
 - simulace přenosu tepla a vlhkosti z lidského trupu přes oděv (až 36 potících trysek - voda, 20 čidel teploty, průměr „těla“ – 30 cm)
 - podmínky: větrný tunel, střídání fáze zátěže a klidu



- ❑ **STATICKE (STOJICI) TEPELNE FIGURINY**

- 1942 – figurína Sam – keramická roura bez hlavy a paží, pokryta měd. plechy (EMPA, Švýcarsko), později figurína doplněna na full body
- 60. léta – inovace, kovový povrch (měď, hliník) + topné zóny (segmenty)
- analogové řízení

Vývoj tepelných figurín

❑ POHYBLIVÉ TEPELNÉ FIGURÍNY

- plastové, kloubové, více topných zón
- 1973 – Dánsko – plastová pohyblivá figurína, 16-ti segmentová, 1984 – Švédsko – kloubová termální figurína s 19 topnými zónami
- analogové → digitální

❑ POHYBLIVÉ, POTÍCÍ SE TEPELNÉ FIGURÍNY

- simulace tepelné výměny při pocení → přestup tepla současně s přestupem vodní páry (1988 - Finsko - manekýn Coppelius) → objektivní měření přestupů přes oděv
- potní žlázy na povrchu figuríny – regulace a kontrola množství dodané vody → odpařování vlhkosti ... hmotnostní přírůstek figuríny
- 1989 – Dánsko – 1. ženská figurína
- povrch – plast, textil, kompozity

❑ + SIMULACE DÝCHÁNÍ

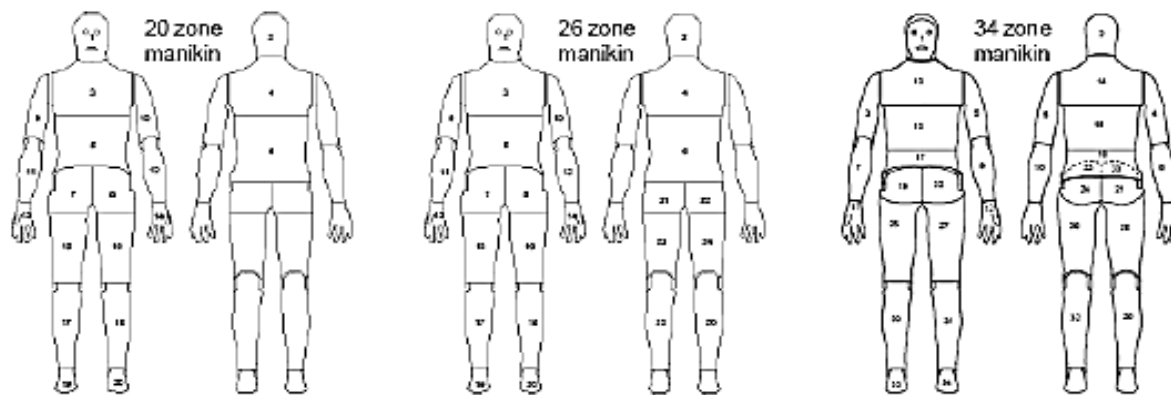
- 1996 – Dánsko – dýchající manekýna Nille

Tepelný manekýn - vývoj

No.	Segmentation	Series	Material	Regulation	Posture	Country & year
1	1-segment	COPPERMAN	Copper	Analog	Standing	USA, 1942
2	11-segments	ALMANKIN	Aluminum	Analog	Standing	UK, 1964
3	Radiation manikin	CEPAT400	Aluminum	Analog	Standing	France, 1972
4	16-segments	HENRIK2	Plastic	Analog	Movable	Denmark, 1973
5	16-segments	CHARLIE	Plastic	Analog	Movable	Germany, 1978
6	16-segments	SIBMAN	Plastic	Digital	Sit, stand	Sweden, 1980
7	19-segments	VOLTMAN	Plastic	Digital	Sitting	Sweden, 1982
8	36-segments	ASSMAN	Plastic	Digital	Sitting	Sweden, 1983
9	19-segments	TORE	Plastic	Digital	Movable	Sweden, 1984
10	7-segments	CLOUSSEAU	Plastic	Analog	Standing	France, 1980
11	sweating manikin	COPPELIUS	Plastic	Digital	Movable	Finland, 1988
12	female manikin	NILLE	Plastic	Comfort	Movable	Denmark, 1989
13	33 + 3-segment	HEATMAN	Plastic	Multi	Sitting	Sweden, 1991
14	1 segment sweating	TARO	Copper	Digital	Standing	Japan, 1992
15	breathable manikin	NILLE	Plastic	Multi	Movable	Denmark, 1996
16	26-segments sweating	SAM	Plastic	Digital	Movable	Switzerland, 2001
17	1-segment sweating	WALTER	Breathable fabric	Digital	Movable	Hong Kong, 2002
18	26-segments	TOM	Copper	Digital	Movable	USA, 2003
19	1-segment	not available	Windproof fabric	Digital	Movable	USA, 2003
20	126-segments	ADAM	Porosity metal	Digital	Movable	USA, 2003
21	17 segments sweating	KEM	Porosity material	Digital	Movable	Japan, 2004
22	Sweating manikin	NEWTON	Wicking skin with water tubes	Digital	Movable	USA, 2005
23	Thermoregulatory sweating manikin	NEWTON	Wicking skin with water tubes	Digital	Movable	USA, 2009
24	Female sweating manikin	WENDA	Breathable fabric	Digital	Movable	USA, 2016
25	Baby sweating manikin	RUTH	Wicking skin with water tubes	Digital	Movable	USA, 2017

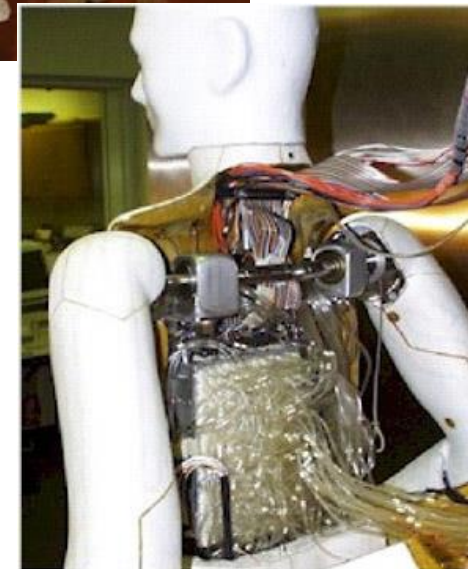
Tepelný manekýn Newton, Liz

- ❑ Measurement Technologies Northwest, teď Thermetrics (USA), ISO 15831
- ❑ simulace ztrát tepla vedením, prouděním a sáláním, pocením
- ❑ konstrukce manekýna, tepelně vodivý hliník, obal: uhlíkovo-epoxidová pryskyřice;
- ❑ plně kloubový – pohyb v kotnících, loktech, kolenech, a kyčlích (+ zápěstích a krk) → různé statické pozice
- ❑ 20, 26, nebo 34 nezávislých tepelných zón, samostatně tepelně regulovatelné
- ❑ simulace pohybu, tzv. „walking motion stand“
- ❑ „wet“ test a „dry“ test, probíhají odděleně, (134 potíciích otvorů, 0-1000ml/h)
- ❑ rozsah teplot okolí: -20°C to $+50^{\circ}\text{C}$, rozsah RH v okolí 0-100%
- ❑ měřené parametry: tepelný tok, tepelný a výparný odpor (R_{ct} , R_{et} , přepočít na clo), měření R_{ct} - stejný princip jako SGHP, měření R_{et} - PES kůže saturovaná potem, ustálení tepelného toku až pak měření s oblečenou vrstvou oděvu
- ❑ možnost zapojení tzv. „externího dýchání“ – detekce aerosolů, transport prachových částic



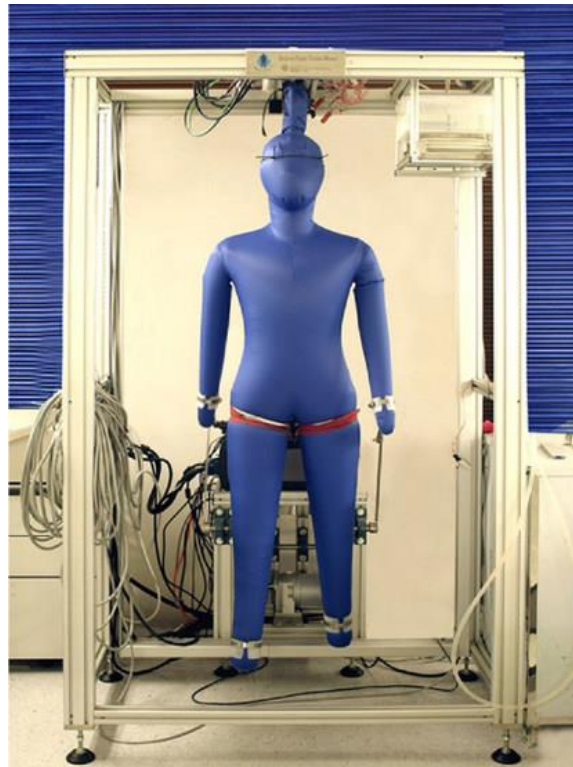
Tepelný manekýn Coppelius

- výzkumné centrum VTT, Tampere University of Technology, Finsko
- simulace termoregulace za různých klimatických podmínek, různých úrovní aktivity, různé pohyby a pozice (protetické klouby – kolena, kyčle, lokty, ramena)
- měření ztráty tepla a vlhkosti
- PC řízený topný systém, 18 samostatně řízených sekcí těla
- PC řízený potíací systém, 187 jednotlivě ovládaných potních žláz (nepotí se hlava, ruce, nohy)
- umožňuje simulaci pocení (0-200 ml/h), voda + vodní pára
- wet a dry test, hodnocení množství vlhkosti prošlé oděvem + vlhkost v oděvu (hmotnost před a po testu)
- konstrukce: kompozitní materiál (mikroporézní skořepina + netkaná textilie)
- laboratorní podmínky: teplota -50°C to $+50^{\circ}\text{C}$, relativní vlhkost 15-95%



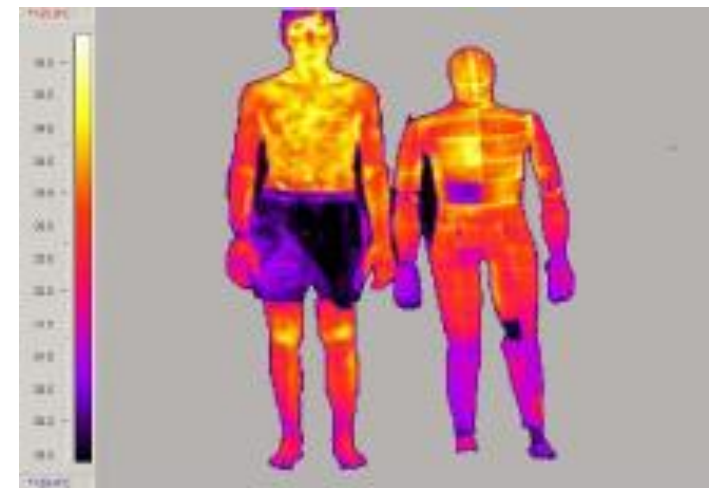
Tepelný manekýn Walter, Wenda

- ❑ Polytechnic University of Hong Kong, 2001
- ❑ jednosegmentový manekýn (výška 172 cm, povrch 1.66 m²), systém cirkulace vody v nepropustné membráně (GoreTex) – vyztužení figuríny kovovou konstrukcí
- ❑ kůže - nepropustná textilie (jenom vodní pára), výplň – voda, ohřev vody – 2 tepelné čerpadla
- ❑ měření tepelných ztrát (dry test) a vlivu pocení (wet test) v rámci jednoho testu, tj. Ret+Rct dohromady
- ❑ různé statické pozice, pohyblivý (rychlost chůze 2,5 km/hod)
- ❑ laboratorní podmínky: teplota 10-40°C, relativní vlhkost 30-80%,



Tepelný manekýn A.D.A.M

- ❑ Advanced Automotive Manikin (2003, NREL – National Renewable Energy Laboratory, USA)
- ❑ hodnocení tepelného komfortu oděvů, prostředí v interiérech automobilů, letadel
- ❑ 126 samostatně řízených tepelných (+ potících) zón, 120 potních míst, výška figuríny 175 cm, 61 kg
- ❑ materiál – porézní kov
- ❑ protetické klouby → různé pohyby
- ❑ simulace dýchání ... vtok okolního vzduchu; výtok teplého a vlhkého vzduchu v reálném množství odpovídající lidskému dýchání (5-15 l/min)



Tepelná manekýna BTM

- ❑ Breathing Thermal Manikin (1994, PT Teknik, Dánsko)
- ❑ hodnocení kvality vzduchu - tzv. „pokojevé prostředí“
- ❑ umělá plíce vybavená jednotkou pro zvlhčování a ohřev vzduchu; vdechování ústy, vydechování nosem (70 l/min)
- ❑ PC řízený topný systém ...16 tepelně nezávislých částí
- ❑ materiál – kompozit, polyester zesílený skleněným vláknem + nikl



Figuríny pro specifické aplikace

- **DĚTSKÉ FIGURÍNY (Lund University – Švédsko; Thermetrics – USA; Kyoto Electronics Manufacturing – Japonsko)**
 - figuríny novorozence (hmotnost 1 kg), batolete, 2 letého dítěte
 - hodnocení inkubátorů a dalších zdravotnických zařízení pro předčasně narozené děti, hodnocení dětských oděvů, plenek, komfortu dětských autosedaček
 - tepelné zóny: 6 -16, pocení: až 32 potíciích trysek + „potícií kůže“ (Gore-tex),
 - materiál: PES pěna + PES plast, měď, kompozitní skořepina, plast + skleněné vlákna
 - problém: většina dětských manekýnů nereflektuje jejich termoregulační chování

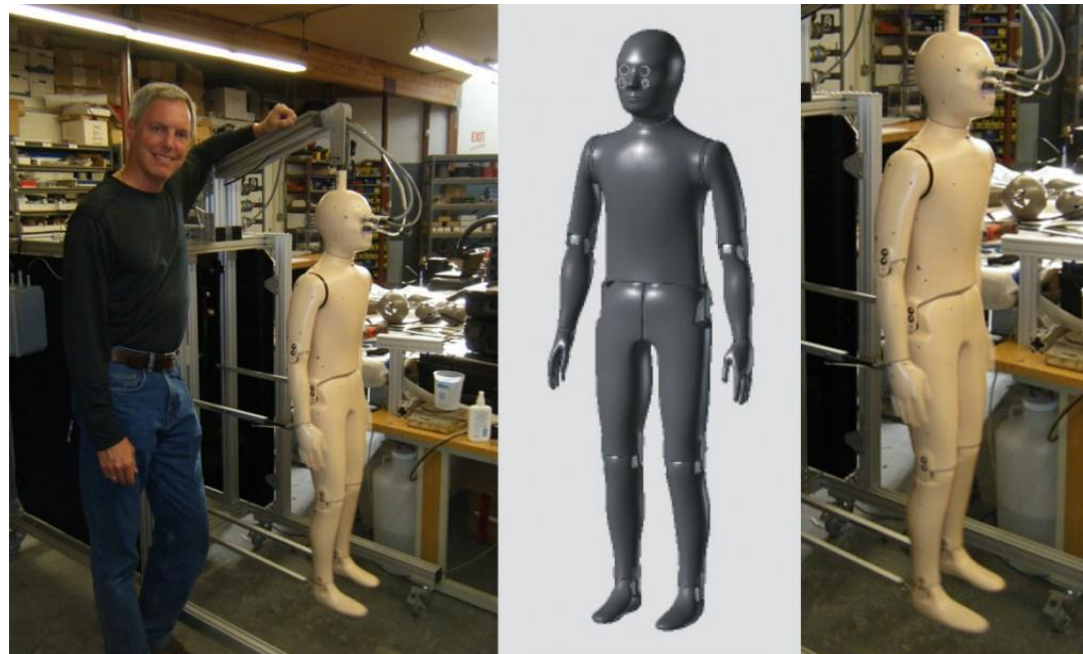


Thermetrics – Baby Ruth (9 – months)

11 segmentů, potíci

Figuríny pro specifické aplikace

- **DĚTSKÁ FIGURÍNA TIMMY, Katedra oděvnictví**
 - hodnocení fyziologického komfortu oděvů dětí (ISO 15831),
 - velikost 140 (cca 10 let)
 - 16 tepelných zón
 - simulace pocení - 112 trysek
 - simulace pohybu – „walking motion stand“
 - výstup: tepelný tok, R_{ct} , R_{et} („nahý“ manekýn, R_{et} 20-30 [m^2Pa/W])



Thermetrics – Timmy (10 – years)

Figuríny pro specifické aplikace

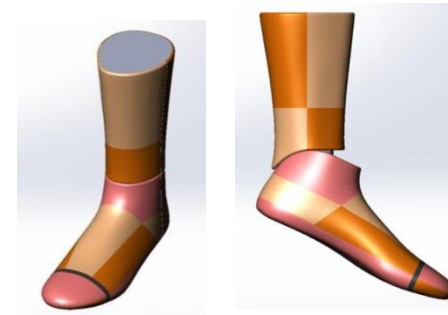
□ MODELY DOLNÍCH KONČETIN

- hodnocení tepelných ztrát a izolačních vlastností ponožek, obuvi
- potíci se, suché
- dělení na tepelně nezávislé sekce (6-12)
- teplota okolí: $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$



Thermal Foot Test System (TFTS), Thermetrics (USA)

- hodnocení tepelných ztrát a izolačních vlastností ponožek, obuvi, in-line bruslí, vložek do bot (velikost: US 9, EU 42)
- 12 tepelných zón, pocení: 0-1000 ml/h
- kompresní systém simulující různou hmotnost probanda (0-90 kg)
- kotníkový a palcový kloub



Figuríny pro specifické aplikace

□ MODEL Y HORNÍCH KONČETIN

- hodnocení tepelných ztrát a izolačních vlastností rukavic
- materiál: polyesterová pěna potažená PES povrchem, uhlíkovo - epoxydová pryskyřice
- potící se, suché
- dělení na tepelně nezávislé sekce (8, 10 nebo 14)
- teplota okolí: $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$; $200\text{ }^{\circ}\text{C}$
- pocení: 0 -1000 ml/h
- výrobci: Thermetrics (USA), Lund University (Švédsko)

Thermal Hand Test System (THTS), Thermetrics (USA)

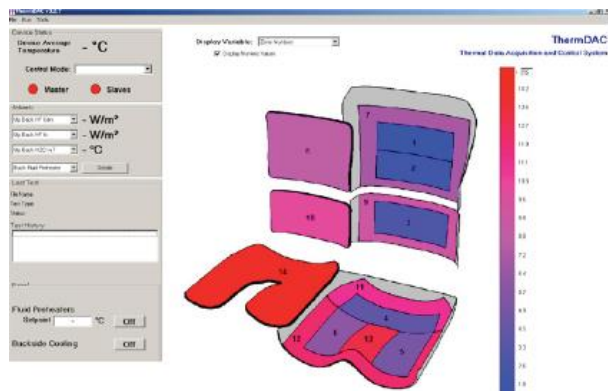
- potící se, suché
- 8 tepelných zón
- teplota okolí: $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$
- pocení: 0 -1000 ml/h
- velikost 9



Figuríny pro specifické aplikace

❑ MODEL „PLECHOVÉ ZADNICE“ PRO AUTOMOTIVE

- STAN - Seat Test Automotive Manikin
- hodnocení tepelných ztrát, izolačních vlastností automobilových sedaček
- uhlíkovo-epoxydový kompozitní materiál/měď
- suché, potící se (porézní povrch); 6-8 tepelných zón
- simulace reálné hmotnosti řidiče, řízená komprese pomocí závaží
- teplota: 10-40°C
- perspiration rate: 0-1000 ml/h. m²



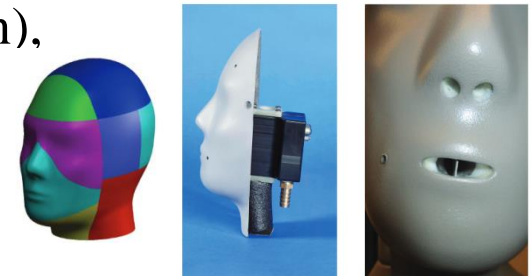
Figuríny pro specifické aplikace

□ MODELY HLAVY

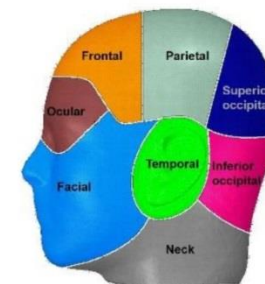
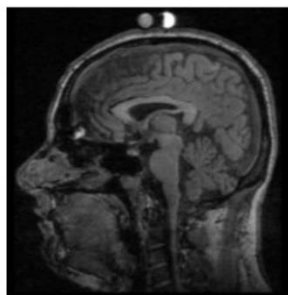
- hodnocení tepelných ztrát a izolačních vlastností pokrývek hlavy (helmy), pocení, dýchání
- hodnocení vlivu konstrukčních změn výrobků
- 3-9 oddělených zón (obličej, temeno, zadní část hlavy, atd.),
- výrobci: Thermetrics (USA), Lund University (Sweden), EMPA (Switzerland)



Trend - 3D Printed Thermal Manikin Head for Evaluating Helmets



- aplikace 3D tisku
- 8 oddělených zón, 40 senzorů teploty, 16 potíicích trysek
- testování ve větrném tunelu



The immersion thermal manikins

- ponorná termální figurína navržená pro provoz pod vodou v hloubkách až 3 metry
- testování tepelně izolačních vlastností ochranných obleků (potápěčských), vybavení pro přežití na moři a dalších ochranných oděvů vyrobených pro přímý kontakt s vodou
- simulace prostředí s turbulentním prouděním vody – otevřené moře
- potíčí se manekýn (22 tepelných zón, hliníkový kompozit)
- výrobci: Nemo (Thermetrics, USA), Tim (Cord, Kanada), RamII (RGIT Survival centre, 2015, Slovinsko)

Manikin Nemo, Thermetrics



Flame manikins

- testování odolnosti ochranných oděvů vystavených kombinaci přímého plamene a sálavého tepla
- manekýn + komora simulující prostředí zásahu
- výrobci: Thermoman - Pyroman (Dupont, USA), Harry Burns, Ralph (British), Burnie (USA)



Flame Test Manikin - Burnie, Thermetrics (USA)



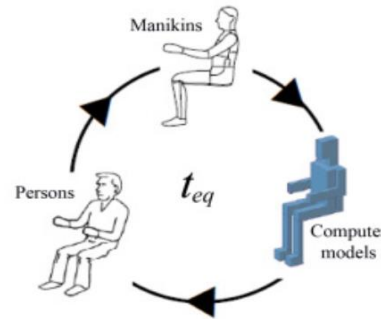
- ASTM F1930, ISO 13506
- povrch - unique ceramic composite (or flame-resistant fiberglass epoxy material) that is completely fireproof and will not degrade with use
- copper calorimeter heat-flux sensors (126 sensors, heat flux over a range from 0.0 to 4.0 cal/cm²•s (167 kW/m²) are integrated into the manikin shell
- applied heat flux intensity - 80kW/m²

Využití tepelných figurín

- ❑ hodnocení - experimenty:
 - oděvní komfort – vrstvení oděvů, simulace fyziologických podmínek
 - změny tvaru a vlastností oděvů a materiálů
 - HVAC systémy (Heating, Ventilator and Air Conditioning), budovy, dopravní prostředky, inkubátory
 - kvalita - čistota ovzduší
 - bezpečnost lidí - extrémní podmínky
- ❑ výsledky z experimentů → vývoj metodik a výrobků, počítačové modelování:
 - dynamiky proudění kapalin, plynů
 - přestupů tepla, hmoty
 - fázových změn
 - chemických reakcí
 - mechanického působení a deformací
- ❑ predikce → získání údajů, které nejsou experimentálně měřitelné
→ testování více variant v relativně krátkém čase

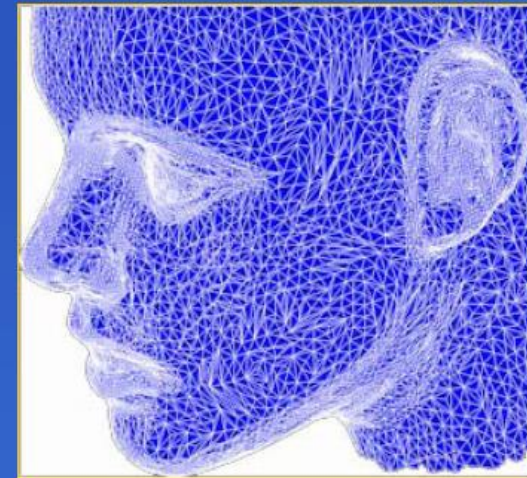
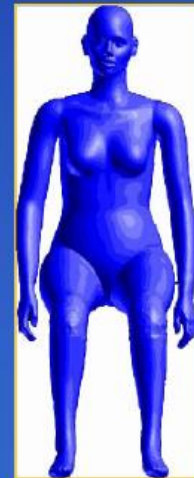
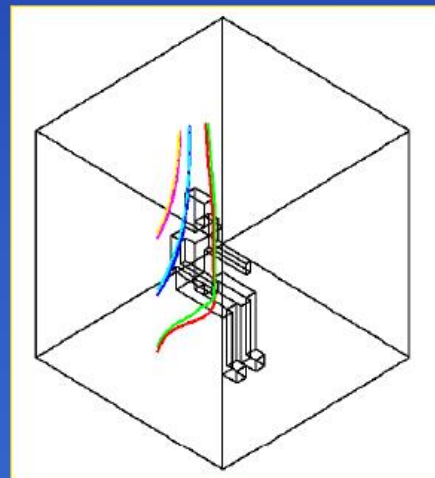
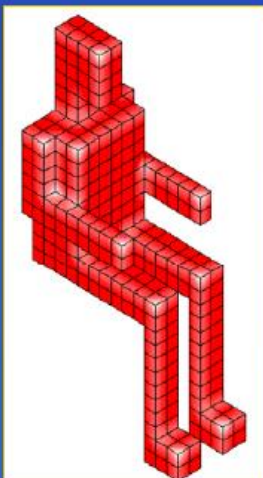
Numerické, virtuální tepelné figuríny

Výsledky z experimentů s živými osobami a tepelných figurín \Rightarrow vstupní data pro vývoj metodik založených na principu CFD (Computational Fluid Dynamics) modelování.



CFD

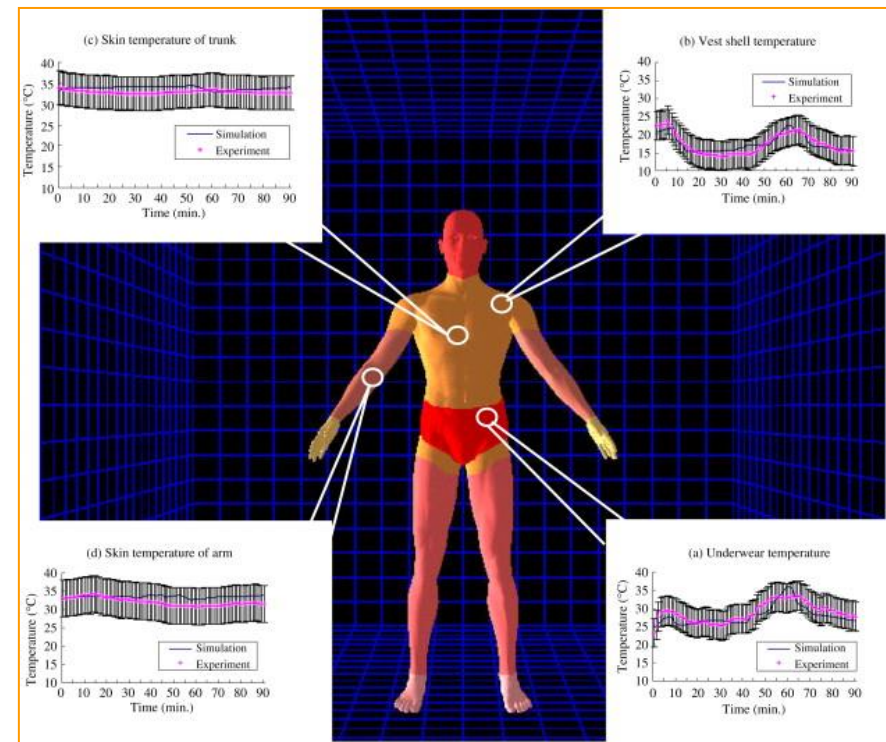
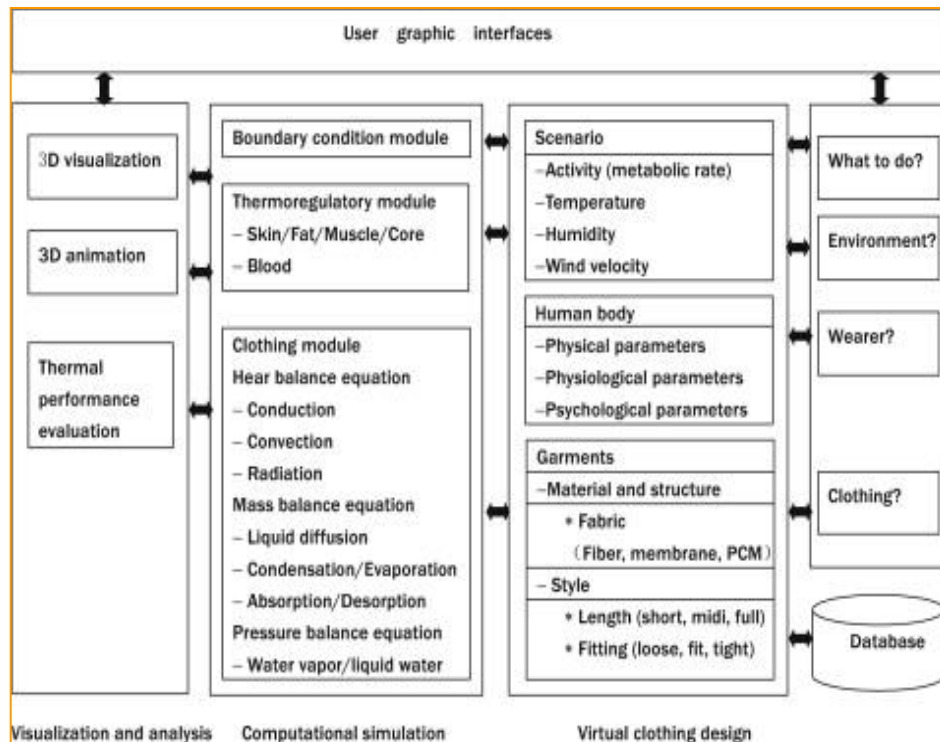
Výpočetní metoda pro modelování dynamiky proudění kapalin a plynů, včetně přestupů tepla či hmoty, fázových změn, chemických reakcí, mechanického pohybu a deformací pevných materiálů.



Simulace fyziologického experimentu

CAD systems for clothing ergonomical design and thermal comfort

- Integrate multidisciplinary disciplines
 - thermoregulatory mechanisms of the human body
 - mechanisms of heat and moisture transport through textiles
 - influence of external environmental conditions – temperature, humidity, wind

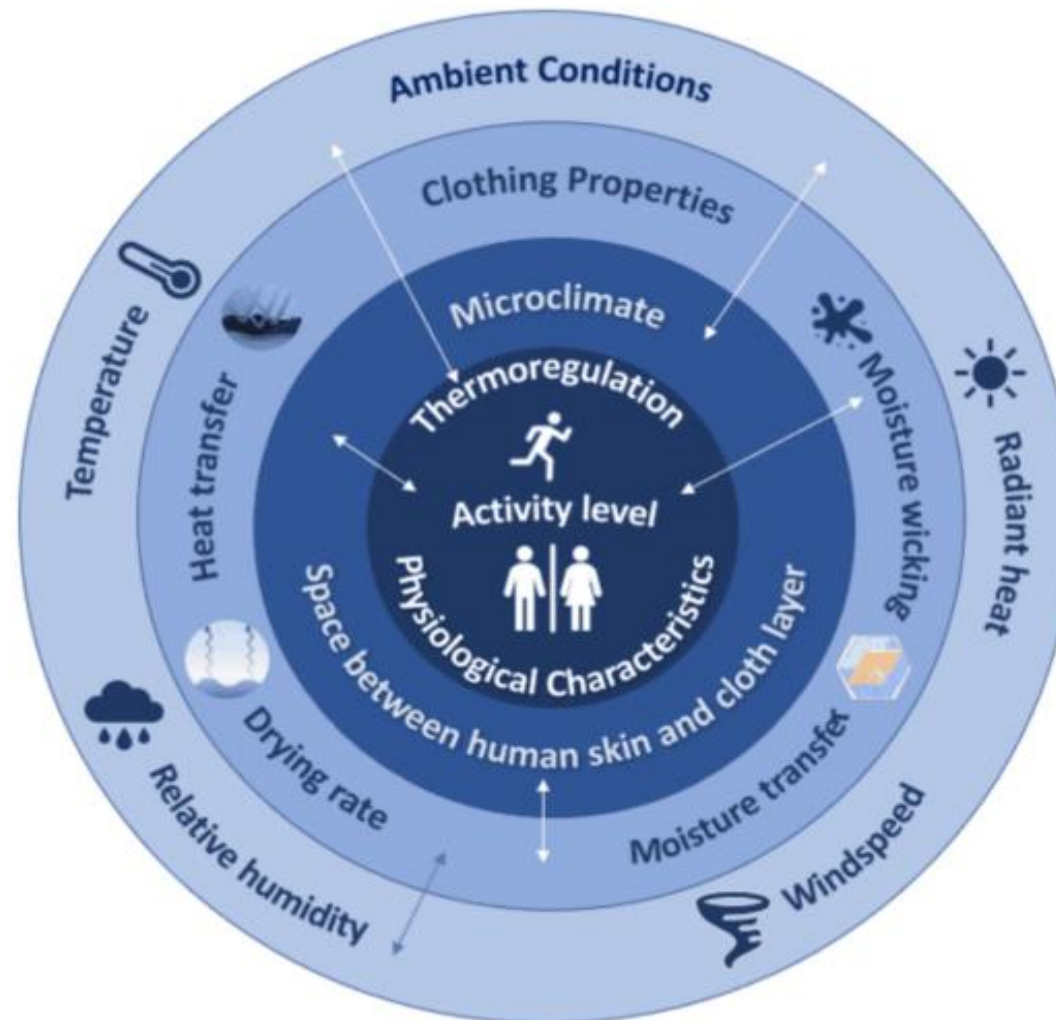


Trendy ve vývoji tepelných manekýnů

- ❑ figuríny nemohou simulovat rychlé snížení tělesné teploty, když se prostředí mění z horkého do chladného nebo naopak, chybí systém rychlého chlazení
⇒ vývoj „**smart dynamických**“ tepelných figurín s adaptivní reakcí na vnější podmínky okolí,
- ❑ zabezpečení „nerovnoměrného pocení“ odpovídající realitě,
- ❑ nefunkčnost systému pocení v prostředí s velmi nízkou teplotou
- ❑ pocení realizováno omezeným množstvím „potních žláz“ cca 200, tělo cca 2-4 mil. potních žláz, navýšení potních míst (Walter),
- ❑ standardizace podmínek měření, zejména „wet“ testů, neexistuje jasné pravidlo o nastavení množství pocení, výsledky z různých figurín se liší,
- ❑ bezdrátový přenos měřených dat
- ❑ přesnost měření Ret na tepelných manekýnech závisí od množství perspiration rate, nastavení nízkých úrovní pocení odpovídají realitě
- ❑ numerické, tzv. virtuální figuríny

Review – Clothing Thermophysiological comfort

- Islam MR, Golovin K, Dolez PI. Clothing Thermophysiological Comfort: A Textile Science Perspective. *Textiles*. 2023; 3(4):353-407. <https://doi.org/10.3390/textiles3040024>



Primary features of typical thermal manikins

Manikin type	Features	Manufactures/ operators	References
Head manikin	<ul style="list-style-type: none"> • An average human male head of size 58, surface area of 0.1385 m² (ALEX) • Polyester shop window manikin • Three different zones • Sweating controlled by computer, covered by circular cotton pads • 50th percentile adult male body form (US size, medium), i.e., head circumference of 59 cm, surface area of 0.1368 m² • Carbon-fiber/epoxy composite • Six- or eight-zone independent zones, with thermal guard • Sweating controlled by computer, covered by fabric skin • Head circumference: 55.2 cm, total area: 0.1483 m² (Fig. 2.5) • Polyester foam head form covered with polyester plastic • Zone wise distributed temperature wire sensors on the surface and taped for water proofing • Six zones: skull, forehead, face, two ears and neck • Five sweating nozzles covered by cotton skin 	<p>EMPA, Switzerland</p> <p>Thermetrics, United States</p> <p>Lund University, Sweden</p>	<p>Brühwiler (2003)</p> <p>Martínez, Psikuta, Rossi, Salvador, and Anaheim (2016); http://www.thermetrics.com/products/partial-manikins/thermal-head-test-system</p> <p>Aljaste, Kuklane, Heidmets, and COST Action TU1101 WG4 (2015), Liu and Holmér (1997)</p>
Hand manikin	<ul style="list-style-type: none"> • 75th percentile adult male right hand (glove size, large) • Carbon-fiber/epoxy composite • Eight or fourteen independent zones, with thermal guard • Hand form with articulated thumb • Sweating controlled by computer, covered by fabric skin • Size 9, shaped according to EN 511, hand zones area: 0.044 m² • Polyester foam hand form covered with polyester plastic (Fig. 2.6) • Zone wise distributed temperature wire sensors on the surface and taped for water proofing • Ten zones: five fingers, palm, back of hand, wrist, lower arm, elbow 	<p>Thermetrics, United States</p> <p>Lund University, Sweden</p>	<p>Burke (1998); http://www.thermetrics.com/products/partial-manikins/thermal-hand-test-system</p> <p>Nilsson, Grahn, and Holmér (1992); Kuklane (2014b)</p>

Primary features of typical thermal manikins

Manikin type	Features	Manufactures/ operators	References
Torso manikin	<ul style="list-style-type: none"> • Representing a 1/4 of the total adult body surface • Three layers: Teflon, polyethylene, and aluminum • Three segments • Outer diameter of 30 cm • Height of 300 mm and diameter of 300 mm • Microporous skin material 	EMPA, Switzerland	Zimmerli and Weder (1996)
Foot manikin	<ul style="list-style-type: none"> • Foot length 25.4 cm, width 8.6 cm and area of all foot zones including ankle: 0.06537 m² • Polyester foam foot form covered with polyester plastic • Zone wise distributed temperature wire sensors on the surface and taped for water proofing • Eight zones: toes, midsole, heel, midfoot, ankle, lower calf, midcalf, and guard • Three sweat nozzles, covered by a cotton sock • Walking simulation mechanism • 50th percentile adult male foot (US size, 9) • Carbon-fiber/epoxy composite • Six-zone low-top or 12-zone high-top configurations • Sweating controlled by computer, covered by fabric skin • Ankle joint flexion and flexing toe segment • Sole compression of up to 90 kg with variable weight distribution • Geometrical shapes based on the European population, surface area of 0.096 m² (Fig. 2.7) • Silver-copper alloy foot form • Ten segments: big toe, remaining toes, sole, heel, medial foot, lateral foot, instep, anterior ankle, posterior ankle, midcalf • Six sweating glands covered by a cotton layer • Gait simulator 	<p>Tampere University of Technology (TUT), Finland</p> <p>Lund University, Sweden</p> <p>Thermetrics, United States</p> <p>Jozef Stefan Institute, Slovenia</p>	<p>Varheenmaa and Meinander (2012)</p> <p>Kuklane et al. (2003); Kuklane (1999)</p> <p>http://www.thermetrics.com/products/partial-manikins/thermal-foot-test-system/free-hanging</p> <p>Mekjavic et al. (2005)</p>

Primary features of typical thermal manikins

Baby manikin	<ul style="list-style-type: none"> • A premature newborn with surface area of 0.086 m² and birth weight of 900 g • Copper and painted matt black • Six segments • Sweating by water supply, covered by a black cotton stocking • Surface area 0.0901 m² • Polyester foam covered with polyester plastic (Fig. 2.1) • Zone wise distributed temperature wire sensors on the surface and taped for water proofing • Eight zones: front and back of head, front and back of torso, left and right arm, left and right leg • Based on the average 2-year-old Japanese infant, e.g., height 84 cm, surface area of 0.47 m² including the head and 0.40 m² without the head • Fiberglass shell reinforced with plastic • Sixteen segments excluding the head • Platinum resistance thermometers covered with RTV rubber paste and RTV rubber sheet of high heat conductance • Thirty-two sweating pores covered by a cotton knitted suit and gore-text suit 	DMAG-INERIS, France	Belghazi et al. (2005), Elabbassi, Belghazi, Delanaud, and Libert (2004)
		Lund University, Sweden	Kuklane et al. (2004), Sarman et al. (1992)
		Bunka Women's University, Japan	Kang and Tamura (2001)
Child manikin	<ul style="list-style-type: none"> • 92 cm tall and weight of 20 kg, roughly the size of a 4-year-old child (Charlene) • Synthetic material • Six articulated segments • About 140 cm tall and garment size M, approximate dimensions of a 10-year-old child (Timmy) • Fifteen independent zones • Articulated joints, movable • Sweating controlled by computer, covered by fabric skin 	Hohenstein Institute, Germany	Classen (2016), Hohenstein Institute (2009)
		Thermetrics, United States	http://www.thermetrics.com/products/full-body-manikins/timmy

Primary features of typical thermal manikins

Manikin type	Features	Manufactures/operators	References
Adult male manikin	<ul style="list-style-type: none"> • An average Swedish male of the first half of the 1980s (Tore), surface area of 1.77 m² • Polyester foam covered with plastic sprayed with a copper layer, and a metal frame inside • Zone wise distributed temperature wire sensors are taped on the surface • Articulated joints, pneumatic walking function • Seventeen independent zones • Prewetted stretchable fabric skin • Size 50, surface area of 1.66 m² (SAM) • Thirty segments • Controllable sweating • Advanced walking system • Height of 172 cm, surface area of 1.66 m² (Walter) • Metal support covered by waterproof but moisture-permeable fabric skin • One segment water-filled manikin • Point temperature measurements on the skin surface • Central pump forces warm water flow inside the manikin • Sweating is simulated by porous membrane skin • Movable • Aluminum • Twenty segments • Exchangeable lower body for sitting posture applicable for snowmobile testing 	Lund University, Sweden	Hänel (1983), Kuklane, Heidmets, and Johansson (2006)
		EMPA, Switzerland	Richards and Mattle (2001)
		Hong Kong Polytechnic University, China	Fan and Chen (2002), Fan and Qian (2004)
		FIOH, Finland	Anttonen et al. (2004)

Primary features of typical thermal manikins

	<ul style="list-style-type: none"> • Based on torso, size C50 (Coppelius II) • Composite material • 226 sweating outlets • Sixteen sweating segments and five nonsweating segments (head, hands, and feet) • Controllable sweating, water supplied to manikin surface through the skin laminate that spreads the moisture • Movable joints • 50th percentile Western or Asian adult male body form (Newton) • Carbon-fiber/epoxy composite • Articulated joints, movable • 20, 26, or 35-zone • Controllable sweating, covered by fabric skin • 175 cm tall, about 61 kg (ADAM) • Porous metal • 120 segments • Controllable sweating, breathing • Surface area of 1.67 m² (Aiman) • Polyester foam covered with plastic sprayed with a copper layer, and a metal frame inside • Thirty-three segments • Zone wise distributed temperature wire sensors are taped on the surface • European male size 50 (Therminator) • Twenty-four segments • Movable and capable of breathing 	<p>Tampere University of Technology, Finland cooperated with PT Teknik, Denmark</p> <p>Thermetrics, United States</p> <p>NREL, United States</p> <p>Lund University, Sweden</p> <p>Aalto University, Finland</p> <p>PT Teknik, Denmark</p>	<p>Meinander (1997), Varheenmaa (2014)</p> <p>http://www.thermetrics.com/products/newton-manikin-options</p> <p>Rugh and Bharathan (2005)</p> <p>Bohm, Holmér, Nilsson, and Norén (2002), Nilsson (2004)</p> <p>Foda and Sirén (2012)</p> <p>http://pt-teknik.dk/pernille</p>
Adult female manikin	<ul style="list-style-type: none"> • 168 cm (Pernille) • Sixteen segments • Fiberglass • Articulated joints, movable 		

Thermal manikins - standards

Standard number	Standard title	Description
ASTM F 1291	Standard test method for measuring the thermal insulation of clothing using a heated manikin	This standard describes the method of measuring the resistance of clothing to dry heat transfer from a heated manikin to the environment. The manikin is used in the standing mode. The results obtained by this method can be used to quantify and compare the insulation provided by different clothing systems
ASTM F 1720	Standard test method for measuring thermal insulation of sleeping bags using a heated manikin	This test method describes the process of measuring the resistance of sleeping bags to dry heat transfer to a relatively cold environment using a thermal manikin. The results obtained by this method can be used to quantify and compare the insulation provided by sleeping bags or sleeping bag systems. It can be used for material and design evaluations used for sleeping bag designs
ASTM F 1868	Thermal and evaporative resistance of clothing materials using a sweating hot plate test	This standard is used to evaluate the thermal resistance and evaporative resistance, of fabrics, films, coated materials, foams and leathers, for use in clothing systems under steady-state conditions
ASTM F 2370	Standard test method for measuring the evaporative resistance of clothing using a sweating manikin	This standard describes the method to measure the resistance of clothing to evaporative heat transfer to the environment using a heated sweating thermal manikin. It specifies the configuration of sweating thermal manikin, test protocol, and test conditions. The results obtained by this method can be used to quantify and compare the evaporative resistance provided by different clothing systems. The test results measured under isothermal conditions can be applied in modeling to predict the physiological responses of people in different environmental conditions

Thermal manikins

Standard number	Standard title	Description
ASTM F 2371	Standard test method for measuring the heat removal rate of personal cooling systems using a sweating heated manikin	This standard describes the method to measure the heat removal rate of a personal cooling system (PCS) from a sweating heated manikin including the duration of cooling provided by the PCS. The results obtained by this method can be used to quantify and compare the cooling provided by different PCS worn with a standard outer garment. The test method helps to evaluate objectively garments based on various cooling technologies, by taking into account convective and evaporative heat transfer
ASTM F 2732	Standard practice for determining the temperature ratings of cold weather clothing	This standard practice covers the determination of the temperature rating of cold weather protective clothing ensembles. It involves measuring the insulation value of a clothing ensemble with a heated manikin in accordance with Test Method F1291 and using a heat loss model to predict the lowest environmental temperature for comfort
EN 342	Ensembles and garments for protection against cold (walking manikin test)	This standard defines requirements and methodology for evaluating the performance of clothing ensembles or single garments used for protection against cold environments. A walking thermal manikin system is required to fully comply with this standard

Thermal manikins

Standard number	Standard title	Description
EN 511	Protective gloves against cold	This standard specifies the requirements and test methods for evaluating protective gloves to be used against convective and conductive cold down to -50°C . A heated, full-scale (size 9) hand manikin is used for the test, which should be able to maintain constant, uniform temperature generation over the entire hand surface
EN 13537	Thermal properties of sleeping bags	A thermal manikin is used as a measuring device, positioned inside a sleeping bag and placed in controlled cold conditions. Heat loss is measured in steady-state conditions and a thermal insulation value for the sleeping bag is determined. The standard thermal insulation value is used in a physiological model to calculate ambient conditions corresponding to a comfort/utility range for the sleeping bag
ISO 15831	Clothing-physiological effects-measurement of thermal insulation by means of a thermal manikin	This standard specifies the requirements of the thermal manikin and the test procedure to measure the thermal insulation of a clothing ensemble, either in standing or walking mode