

Terminoj pri varmo-transiĝo el ISO 7345

Fabien VAN MOOK (NL)

1 Enkonduko

En konstrufiziko oni traktas tre diversajn fizikajn aspektojn rilate al konstruaĵoj. Tre gravaj aspektoj en la fako temas pri varm-izolado kaj energi-ŝparado.

Pri tiu ĉi temaro jam delonge ekzistas internaciaj normoj por difinoj kaj nomigoj de la necesaj nocioj. Sed laŭ mia scio la nocioj ankoraŭ ne havas esperantajn nomojn. En la esperanta literaturo oni trovas nur laŭokazajn tradukojn. Ekzemple, Werner (2001) uzis la esprimon “koeficiento de varmo-trapaso k » kaj mallonge “koeficiento k ”. Moberg (1958) uzis la esprimon “varm-konduka koeficiento”, kiu esprimiĝas en la sveda kiel “ k -värde” kaj kiun li tradukis al aliaj lingvoj per “conductance” (en), “coefficient de conductibilité” (fr) kaj “Wärmedurchgangszahl” (de). Ni nun ne plu uzas (uzu) tiujn esprimojn kaj eble ni pardonu al Moberg ĉar dum la eldonjaro 1958 de lia vortaro probable ankoraŭ ne ekzistis internaciaj normigoj pri la nocio, kiun oni nun prezentas per U kaj kiu nomiĝas laŭ mia propono en Esperanto “interzona varmo-konduktanco”.

En tiu ĉi artikolo mi prezentas esperantajn terminojn por bazaj nocioj el varm-izolado kaj energi-ŝparado. Mi ĉerpas la bazajn nociojn el internacia normo ISO 7345, kvankam mi faras tion nerekte pere de la nacia versio kiun mi povas akiri per mia abono al la Tehnologia Universitato en Delft (NL). Sciu ke la cifera parto de la numero de iu normo ne ŝanĝiĝas: do ekzemple ISO 7345 samas al nederlanda NEN-ISO 7345, kaj ISO 9346 al nederlanda NEN-EN-ISO 9346 aŭ pola PN-EN-ISO 9346. Eventuala diferenco estas traduko, sed ofte nederlandaj ISO- aŭ EN-normoj ne estas tradukitaj de la angla al la nederlanda lingvo.

La temoj de varm-izolado kaj energi-ŝparado estas specialaĵoj el (ĝenerala) fiziko, precipe el ties subfakoj termodinamiko kaj meĥaniko de fluoj. Indas ke konstrufizikaj nocioj kaj terminoj kongruas kun(ĝeneralaj) fizikaj nocioj kaj terminoj. En la esperanta literaturo mi trovis ĉirilate la verkojn de Tuma (1972) kaj Ŝejpak (1999). En tiu ĉi artikolo mi ekskursas al iel rilatitaj temoj de vaportransiĝo en vandoj kaj ventolado de ĉambroj. Krome analogioj inter elektro kaj transiĝoj de varmo kaj maso estas prezentataj, ĉar

tiaj analogioj kutime estas uzataj dum modeligo de konstrufizikaj fenomenoj. Kompreneble la analogioj inter malsamaj fizikaj fenomenoj eĥu inter si per ĝuste elektitaj terminoj.

Kvankam mi certe ne konas la tutan esperantan literaturon, ĉu pri ĝenerala fiziko, ĉu pri specifa konstrufiziko, mi asertas ke en Esperanto estas mankanta tradicio pri terminoj por diversaj gravaj grandoj pri varmo-transiĝo ĝenerale en fiziko kaj specife en konstrufiziko. Per tiu ĉi artikolo mi celas proponi normigon de esperantaj terminoj en konstrufiziko. Survoje al tiu ĉi celo mi devas ankaŭ pripensi pli bazajn nociojn kaj terminojn el ĝenerala fiziko.

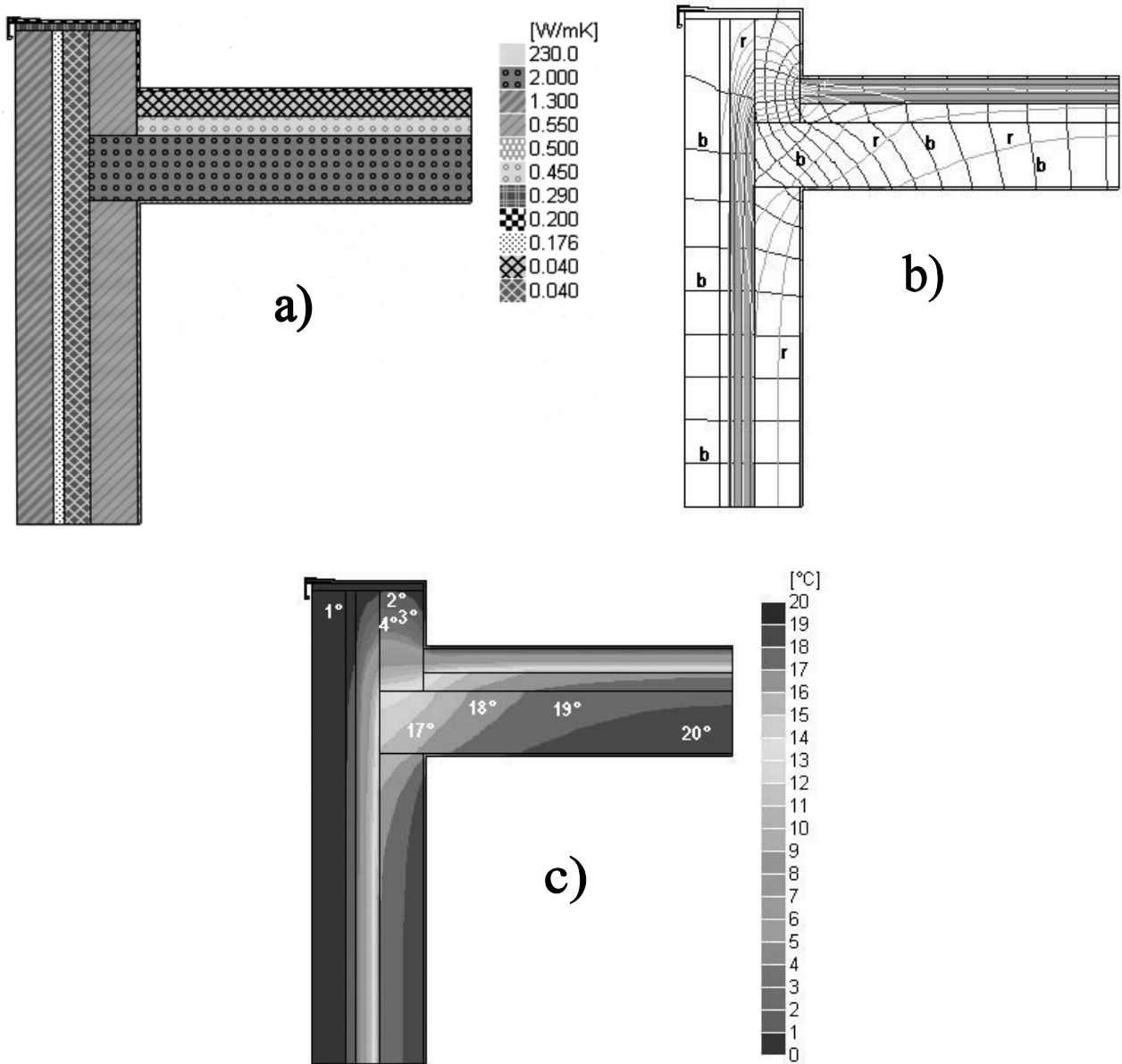
En la unua venonta paragrafo mi skizos koncize bazaĵojn pri varmo-transiĝo. Post tio ni ekskursos al analogio pri elektro, al simplega ekzemplo de varmo-bilanco de unuĉambra domo kaj al analogioj pri transiĝo de vaporo kaj aero tra pora materialo. Per la paragrafoj ĝis 7 mi celas prezenti la kuntekston sen striktaj aŭ oficialaj difinoj. Instruita leganto certe rekonos la preparolatajn nociojn; ĝeneralaj lernolibroj pri la temoj estas ekzemple Hagentoft 2001, Klemm 2007 kaj Tammes kaj Vos 1984. En la paragrafo 7 mi prezentos la nociojn de ISO 7345 kune kun la de mi proponataj esperantaj terminoj. Sekvos la paragrafo 8 en kiu estos klarigitaj la proponitaĵoj.

2 Transiĝo de varmo

Transiĝoj de varmo estas priskribitaj per diversaj karakterizaĵoj. Unue oni distingas la (tri) meĥanismojn, kiuj estas: kondukto, konvekto kaj radiado de varmo. Kutime en konstruitaj medioj okazas tamen miksitaj varmo-transiĝoj, precipe en aer kavetoj en vandoj kaj en (aeraj) spacoj (ĉambroj k.s.). Due oni distingas staton en kiu grandoj kaj direktoj de la varmo-transiĝo en diversaj lokoj dependas de la tempo, disde konstantigita stato. Trie oni distingas homogenecon kaj izotropecon de medio. Kutimaj konstrumaterialoj, ekzemple briko, betono, polistireno, ligno kaj metalo estas varmece homogenaj kaj izotropaj medioj. Konstruelementoj kaj konstruktoj kiel tegmentoj kaj fasadoj estas plejofte varmece nehomogenaj medioj, ĉar ili konsistas el diversaj materialoj (inkluzive de aer kavetoj).

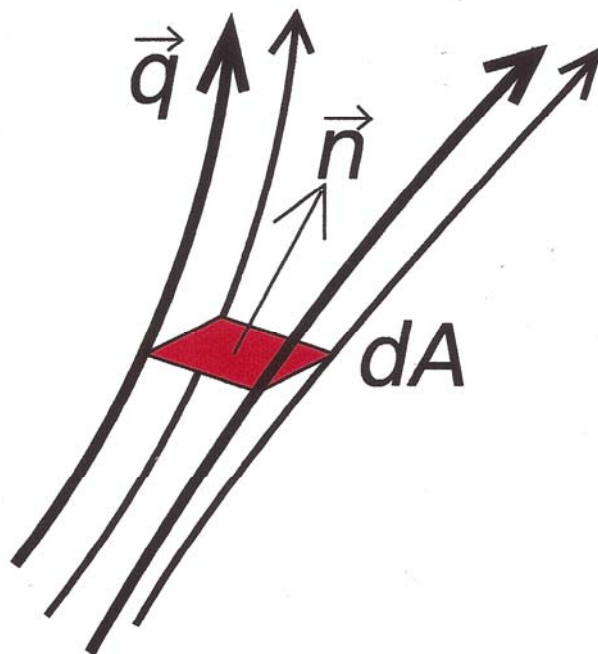
Ĉe la priskribo de varmo-transiĝoj en konstruitaj medioj gravas plu distingi modeligojn laŭ celoj kaj simpligoj. Celoj varias de analizo de varmo-likoj en konstruaĵa mantelo ĝis kalkulo de la energikonsumo de tuta domo. Gravaj konscii kie ekzakte troviĝas la limoj de la pristudata sistemo. Grava demando ĉe modeligada simpligo estas kiom detale oni ŝatus dividi la sistemon en zonoj aŭ volumenetoj. En unuzona modeligado ni konsideras la internan

temperaturon de ĉambro ĉie en la ĉambro sama, kaj la eksteran temperaturon ĉie ĉirkaŭ la domo sama. Krome ni priskribas varmo-transiĝojn tra fasadoj, vandoj, tektoj k.s. per konduktancoj. En kampmodelado la sistemo estas diskretigita en multaj volumenetoj (maŝoj). Per komputilo oni kalkulas la varmo-spezon kaj temperaturon en ĉiu unuopa volumeneto.



Figuro 1: Dudimensia varmo-transiĝo en detalo de tegmento kaj fasado. (a) Efektivaj konduktecoj de la materialoj. (b) Kampo de la laŭarea varmo-spezo (linioj indikitaj per b) kaj kampo de la gradiento de la temperaturo (linioj indikitaj per r). (c) Kampo de la temperaturo. Fonto: Physibel (BE).

Ekzemplo de kamp-modelo de detalo de fasado kaj tegmento estas montrita en la figuro 1. En la figuro 1a estas distingeblaj la materialoj laŭ siaj varmo-konduktecoj. Ĉiu konstrumaterialo ĉi tie estas konsiderata homogena kaj izotropa kaj eĉ por la aertavolo oni difinis efektivan varmo-konduktecon ($0,176 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{s})$), kvankam en la aertavolo kutime ankaŭ konvekto kaj radiado ludas rolon. En la figuro 1b estas montrita per linioj b la kampo de la laŭarea varmo-spezo. Orte al tiuj bluaj linioj estas la gradiento de la temperaturo, indikita per linioj r. La temperaturoj pli klare videblas en la figuro 1c. Komprenoble la gradiento de la temperaturo plej krutas en la izolmaterialoj (kun plej malgranda (efektiva) varmo-kondukteco).



Figuro 2: Tridimensia varmokondukto. La varmospezo tra malgranda areo dA kun ortvektoro \vec{n} egalas al $d\Phi = (\vec{n} \cdot \vec{q}) dA$, kun \vec{q} = vektoro de la laŭarea varmospezo.

Tabelo 1: Grandoj pri varmo-transiĝo, kun nocioj kaj simboloj laŭ ISO7345.

fenomeno		rilato kun potencialo	eco konduki	eco rezisti	noto
varmo	kondukto	$\vec{q} = -\lambda \text{ grad } T$	λ	$r = \frac{1}{\lambda}$	1
		$q = \Lambda(T_1 - T_2)$	Λ	$R = \frac{1}{\Lambda}$	2
	miksita	$q = U(T_1 - T_1)$	U		3
	ĉe surfaco	$q = h(T_s - T_a)$	h		4

Notoj:

(1) Ĉe neizotropia materialo λ kaj r estas tensoroj.

(2) Ĉe izotropia tavolo kun diko d validas $R = \frac{d}{\lambda}$.

(3) T_1 kaj T_2 estas zonaj temperaturoj. Se aero ekzistas je ambaŭ flankoj de vando, ili estas do $T_{a,i}$ kaj $T_{a,e}$.

(4) Konvekto, radiado aŭ miksita.

Vektorojn de la laŭarea varmo-spezo mi skizis en la figuro 2. Ĉe nura kondukto varmo transiĝas tra materialo pro diferencoj temperaturaj en diversaj lokoj (aŭ ĉe randoj), aŭ pro aldono aŭ forpreno de varmo en iuj lokoj (aŭ ĉe randoj). Ni povas imagi ke kvanto de varmo iras en malgranda tempunuo tra iu malgranda areo en la materialo. Tiu ĉi granda estas nomata laŭarea varmo-spezo; ĝi estas plej ĝenerale tridimensia vektoro kun longo kaj direkto. Ties unuo estas $J/(m^2 \cdot s) = W/m^2$. Ties integralo laŭ certa areo nomiĝas varmo-spezo, kun la unuo W.

Varmo-kondukto estas priskribata per la leĝo de Fourier. La formulo de ties tempe nedependa versio aperas en la tabelo 1 (kun aliaj formuloj) kaj diras ke la vektoro de la laŭarea varmo-spezo estas proporcia al la negativa gradiento de temperaturoj en iu materialo. Tiun proporcion oni nomas kondukteco (indikita per λ) kaj ofte oni konsideras ĝin konstanta por iu materialo. Ĉar la proporcio kondukteco pensigas al plej ĝenerala ideo “tralaso” aŭ “kondukado” (sen “t!”), la inverso de la proporcio pensigas al la mala ideo “rezistado” kaj estas nomita rezisteco (do $r=1/\lambda$).

La tabelo 1 ankaŭ montras aliajn grandojn pri varmo-transiĝo, kiujn oni uzas en konstrufiziko. Mi indikis ilin jam ĉi tie per la simboloj laŭ ISO 7345.

Vi povas rapide trovi iliajn signifojn en la tabeloj 5 kaj 6; ilia plena prezento okazos en la paragrafo 7. La leĝo de Fourier estas plu simpligata ĉe izotropa ebena paralela tavolo, ĉe kiu estas difinitaj la du ambaŭflankaj surfacaj temperaturoj T_1 kaj T_2 . La laŭarea varmo-spezo, en la direkto orta al la ebena tavolo, estas ĉie sama. La proporciojn ni povas nomi konduktanco kaj indikas kiom da varmo en ĵuloj transiĝas tra unuo de areo (m^2) de la ebena tavolo en unuo de tempo (sekundoj). La inverso de varmo-konduktanco estas varmo-rezistanco. Tiu ĉi grandeco estas pli konata. Ni kalkulas ĝin por homogena tavolo kun diko d kaj varmo-kondukteco λ per $R=d/\lambda$.

Ĉe vando kaj tekto ofte pli konvenas uzi la du zonajn (kvazaŭ aerajn) temperaturojn je ambaŭ flankoj de vando aŭ tekto. Ĉe fasado do temas pri la interna temperaturo de la ĉambro kaj la ekstera temperaturo. La konsiderata sistemo do inkluzivas la “aerojn” je ambaŭ flankoj de la vando. La kvociento de la laŭarea varmo-spezo per la diferenco de la ambaŭflankaj zonaj temperaturoj havas la faman simbolon U ; ĝi iam havis k (pri kio temis en la enkonduko). Ĉe tia modeligo estu krome difinitaj la varmo-konvekto kaj varmo-radiado de/al surfaco de la vando (laŭ ISO 6946). La grandeco U inkluzivas do ĉiujn tri meĥanismojn de varmo-transiĝo.

En tiu ĉi paragrafo mi priparolis ĉefajn grandojn pri varmo-transiĝo. Ili restas la ĉefa temo de tiu ĉi artikolo. Por ilia kompreno estas utile koncize menciigi analogiojn kun aliaj fizikaj fenomenoj, kio okazos en la paragrafoj 3 ĝis 6.

3 Ekskurso: elektro

Tre ilustra analogio por varmo-transiĝo kaj precipe varmo-kondukto estas analogio kun elektro-kondukto. Ilustre estas krome konscii pri la unuoj de la grandoj. Anstataŭ kvantoj de varmo (en ĵuloj) temas nun pri kvantoj de elektro (en kulomboj). Anstataŭ temperatura gradiento (en K/m) temas nun pri gradiento de elektra tensio (en V/m). Anstataŭ laŭ-area varmo-spezo (en $J/(m^2 \cdot s)$) temas nun pri laŭ-area kurent-intenso (en $C/(m^2 \cdot s)$), alivorte “laŭ-area elektrospezo”. Anstataŭ la leĝo de Fourier, temas nun pri la leĝo de Ohm. Tiu ĉi diras ke la kvociento de la gradiento de la elektra tensio per la laŭ-area kurent-intenso egalas al materiala propreco, nome elektra rezisteco ρ (en $m \cdot V \cdot s / C = m \cdot \Omega$). Ĝi analogias al varmo-rezisteco r (en $m \cdot K \cdot s / J = m \cdot K / W$), komparu la rilatojn pri kondukto en la tabeloj 1 kaj 2.

En elektraj cirkvitoj oni kutime ne kalkulas per elektraj rezistecoj (aŭ ties inverso: elektraj konduktecoj), sed per elektraj rezistancoj (respektive

elektraj konduktancoj). Rezistanco aŭ konduktanco prezentas econ de tuta elektra komponanto, ekzemple rezistilo. Tiel oni simpligas modeligadon en simila maniero kiel oni simpligas varmo-transiĝon tra vando per la granda U .

Tabelo 2: Grandoj pri kurento kaj elektra cirkvito. Simbolo J prezentas laŭarean kurentintenson (“laŭarea elektrospezo”), en $C/(m^2 \cdot s)$. Simbolo I prezentas kurent-intenson en $A=C/s$; U elektran tension en V ; R elektran rezistancon en Ω ; G elektran konduktancon en $S=1/\Omega=C/(V \cdot s)$.

fenomeno		rilato kun potencialo	eco konduki	eco rezisti	noto
elektro	kondukto	$\vec{J} = \frac{1}{\rho} \text{grad } U$	$\gamma = \frac{1}{\rho}$	ρ	1
	cirkvito	$I = \frac{1}{R}(U_1 - U_2)$	$G = \frac{1}{R}$	R	2

Notoj:

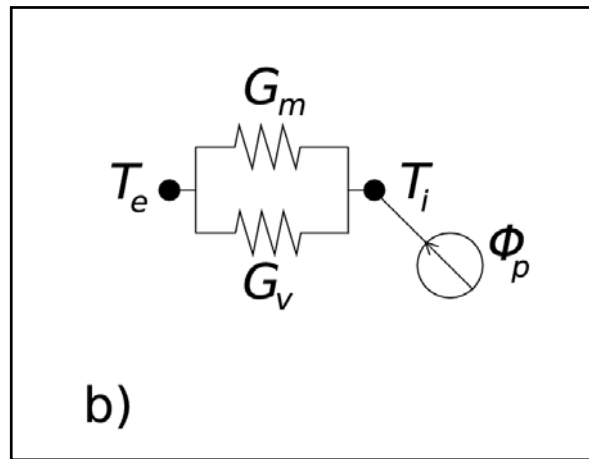
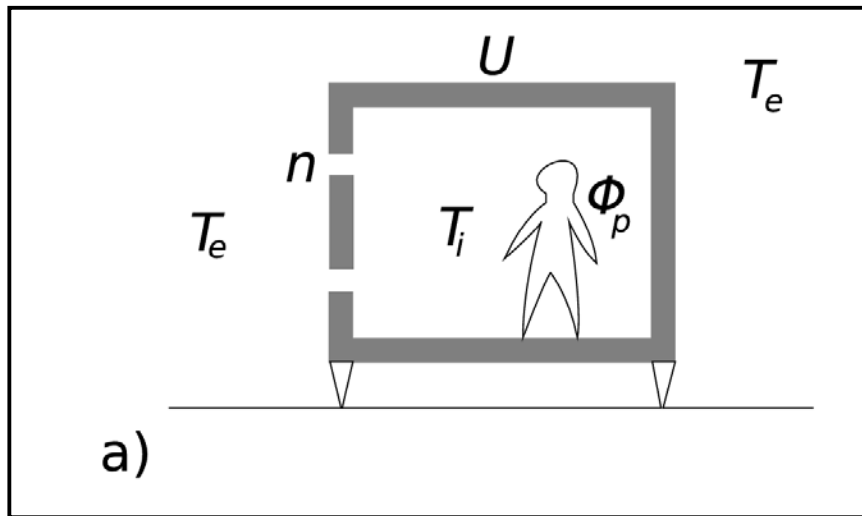
- (1) Ĉe ne-izotropa materialo γ kaj ρ estas tensoroj.
- (2) Ĉe izotropa materialo kun longo ℓ kaj kverareo A validas $R = \rho \frac{\ell}{A}$.

4 Ekskurso: varmo-bilanco de ĉambro

Per simpla ekzemplo ni konsideras modeligon de kombinitaj varmo-transiĝo kaj ventolado. La figuro 3a montras unuĉambran domon. La modelo estas de la tipo unuzona: do la interna aero de la ĉambro kaj respektive la ekstera aero havas unu temperaturon (T_i kaj respektive T_e). La mantelo de la ĉambro havas totalan areon A kaj (laŭarean) interzonan konduktancon U .

La ĉambro estas ventolata per ventolilo, kiu kaŭzas konstantan interŝanĝon kun ekstera aero, sendepende de alia parametro. Ventolado estas speco de maso-transiĝo. Tial oni povas paroli pri “aer-spezo”, la kvanto de aero kiu eniras aŭ eliras la ĉambron en tempunu. Ĉar aero ne akumulas, la aera enspezo egalas al la aera elspezo. En la figuro 3a la aerspezo estas malrekte indikita per la ventola indico n . Ĝi signifas ke kvanto de aero egala al n -oblo de la ĉambra volumeno estas interŝanĝita dum unu sekundo. La aerspezo en m^3/s do egalas al nV , kun $V = \text{ĉambra volumeno en } m^3$.

Figuro 3: Varmo*bilanco de unuĉambra domo.



c)

varmo-spezo pro ventolado:

$$\Phi_v(t) = G_v(T_e(t) - T_i(t)) = nV \rho_a c_{p,a}(T_e(t) - T_i(t))$$

varmo-spezo tra la mantelo:

$$\Phi_m(t) = G_m(T_e(t) - T_i(t)) = AU(T_e(t) - T_i(t))$$

varmo-spezo pro persono:

$$\Phi_p(t)$$

bilanco je momento t:

$$\Phi_v(t) + \Phi_m(t) + \Phi_p(t) = 0$$

Pro tio ke aero povas enteni varmon (kion ni karakterizas per laŭ-masa varmospozo de aero, $c_{p,a}$ en $J/(kg \cdot K)$), kun la ventola aero fluas varmospozo. La varmospozo nV do prezentas varmospozon egalan al la produkto $nV \rho_a c_{p,a}(T_e - T_i)$. La simbolo ρ_a ja signifas la denson de aero en kg/m^3 .

Krome en la modelo ni povas identigi la produkton $nV\rho_a c_{p,a}$ kiel konduktancon! Tiel tiu produkto similas al varmo-konduktanco pro varmo-kondukto tra la mantelo, AU . Notu ke U estas plene dirite “laŭarea interzona varmo-konduktanco”. Por la konduktancoj pro varmo-kondukto kaj pro ventolado ni havas elektran analogion: vidu la figuron 3b en kiu la sistemo estas parte prezentata per elektronikistaj simboloj (rezistiloj por konduktancoj).

En la ekzemplo en la ĉambro troviĝas persono kiu metas certan varmon en la ĉambro, pro sia metabolo. Tiu varmo-spezo funkcias kiel fonto de energio en la sistemo.

Se la sistemo konsistas nur el la supre diritaj elementoj, ni povas kalkuli la internan temperaturon ĉe konata ekstera temperaturo. La ekvacioj estas skribitaj en la figuro 3c. La sumon de ĉiuj varmo-spezoj ni nomas “bilanco”.

La ekzemplo ja estas simpla, pro pluraj supozoj. Grava simpligo estas ke la aero en la ĉambro estas karakterizebla per unu temperaturo ĉar oni supozas ke la aero ene de la ĉambro estas bone miksitaj. Alia simpligo rilatas al la supozo ke varmo-radiado de la suno kaj varmo-radiado inter la mantelo kaj la ĉielo aŭ tero havas neniun efikon. Estas uzata interzona varmo-konduktanco, per kiu oni implice enkalkulas varmo-radiadon ĉe la surfacoj (internaj kaj eksternaj) de la mantelo, kaj la varmo-transiĝon pro konvekto de la aero proksime de la mantelo; do detalojn de tiuj fenomenoj ni neglektas. Plue tre grava supozo estas la konstantigita stato: varmo ne povas akumuliĝi en la sistemo pro tio ke la mantelo ne havas varmo-kapaciton. Varmo-likoj en la mantelo estas neglektataj.

5 Ekskurso: transiĝo de vapore

Ĉi tie ni komprenu vaporon kiel akvo en gasa stato. Vaporo transiĝas tra fasadoj, vandoj k.s. ĉar la uzitaj konstrumaterialoj havas porojn malfermitajn. Tiuj ĉi poroj formas sistemon de tre malgrandaj kanaletoj kaj kavetoj tra kiuj la akvo-gasaj molekuloj povas iri, de unu flanko de materialo al la alia. Temas pri pura difuzo se la transiĝo okazas nur pro la koliziado de la gasaj molekuloj inter si en la pora sistemo. La diferenco de la vaporkoncentriteco en la aroj je ambaŭ flankoj de fasado, vando k.t.p. kaŭzas vaporspezon.

Tabelo 3: Grandoj pri vapor-transiĝo, kun simboloj laŭ ISO 9346. Simbolo g prezentas laŭarean vaporspezon, en $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$; v prezentas laŭvolumenan humidon, en kg/m^3 , difinita per kvociento de la maso de vapore per la volumeno de la gasa miksaĵo.

fenomeno		rilato kun potencialo	eco konduki	eco rezisti	noto
vapore	difuzo	$\vec{g} = -D \text{grad } v$	D		1
	miksita	$\vec{g} = -\delta_v \text{grad } v$	δ_v		2
		$g = W_v(v_1 - v_2)$	W_v	$Z_v = \frac{1}{W_v}$	3
	ĉe surfaco	$g = \beta_v(v_a - v_s)$	β_v		

Notoj:

- (1) En aero.
- (2) Ĉe ne-izotropa materialo δ_v estas tensoro.
- (3) Ĉe izotropa tavolo kun diko d validas $Z_v = \frac{\mu d}{D}$ kun $\mu = \frac{D}{\delta_v}$.

La leĝo de Fick priskribas tian ĉi difuzon. La formulo de ties tempe kaj temperature nedependa versio aperas en la tabelo 3 (kun aliaj formuloj) kaj diras ke la vektoro de la laŭarea vaporspezo estas proporcia al la negativa gradiento de la koncentriteco de vapore. Komparu la tabelon 3 kun la tabelo 1 pri varmo. La similecoj cetere rilatas pli al modeligado ol al realo, ĉar vaportransiĝo ĝenerale estas pli kompleksa (ekzistas pli da meĥanismoj ol ĉe varmo kaj depende de la meĥanismo oni uzu aliajn potencialojn, dum la nura potencialo ĉe varmo estas temperaturo).

Pli ĝenerale, transiĝo de humido en konstrumaterialoj okazas laŭ diversaj meĥanismoj. I.a. temas pri: difuzo (koliziantaj gasaj molekuloj iras dise kaj samnivelegas siajn koncentritecojn, laŭ la leĝo de Fick), adsorbo (vapore precipitas pro intermolekulaj fortoj al la surfacoj de poroj), kapilara kondenso (laŭ la leĝo de Thomson (Lord Kelvin) certa radiuso de meniskoj en poroj rilatas al certa vaporpremo), kapilara suĉo (likvo suĉiĝas en maldikan poron (kapilaron) pro molekulaj fortoj inter poro kaj likvo), fluo (likvo fluas laŭ surfacoj de poroj aŭ laŭ de likvo plenigitaj (partoj de) poroj), permeo (diferenco de premo fluigas likvon tra poroj kiuj estas plenigitaj de la likvo, laŭ la leĝo de Darcy), interna kondenso (loka temperaturo sub rospunkto kaŭzas kondenson de vapore ene de materialo), konvekto (aerfluo trenas en si vaporon). Ĉiuj meĥanismoj dependas sufiĉe forte inter si kaj de temperaturo.

6 Ekskurso: transiĝo de aero

Ĉi tie ni ne traktas fluon de aero tra unu trueto, orifiko k.s., sed nur transiĝon de aero tra la sistemo de malfermitaj poroj (kanaletoj kaj kavetoj) de solida materialo. Ĉi tian transiĝon mi nomas provizore per la neologismo “permeo”. La leĝo de Darcy priskribas la fenomenon per proporcio de la laŭarea aerspezo al la negativa gradiento de la aerpremo. La tabelo 4 montras kelkajn grandojn (el ISO 9346).

Tabelo 4: Grandoj pri permeo de aero (tra pora materialo), kun simboloj laŭ ISO 9346. Simbolo r prezentas laŭarean volumenan aerspezon, en $\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$; p prezentas premon de aero, en Pa.

fenomeno	rilato kun potencialo	eco konduki	eco rezisti	noto
aero permeo	$\vec{r} = -\frac{k}{\eta} \text{grad } p$ $r = K(p_1 - p_2)$	k	$S = \frac{1}{K}$	1

Noto:

(1) Ĉe neizotropa materialo k estas tensoro. η = dinamika viskozoz.

Kiel ĉe transiĝoj de varmo kaj vaporo, ankaŭ ĉe aerpermeo oni distingas proporciecon al la potenciala gradiento kaj proporciecon al la potenciala diferenco. La unue menciita proporcieco estas aerpermeeco k , kaj la due menciita proporcieco havas du versiojn: aerkonduktanco K kaj aerrezistanco S .

7 Nocioj el ISO 7345

Ĉiuj grandoj kiujn oni en ISO 7345 difinis, aperas en la suba listo. Mi transprenis el NEN-ISO 7345:1988 rekte la simbolojn, difinojn (tradukitajn al Esperanto) kaj nederlandajn terminojn. Rimarkojn kaj notojn en la normo mi resumis per propraj notoj laŭ la bezono laŭ mia opinio. Por la superrigardo ĉiuj grandoj estas listigitaj en la tabelo 5. En la normo ankaŭ aperas kromaj grandoj (sen difino) kaj listo de indicoj ĉe simboloj. Tiuj estas listigitaj en la tabelo 6.

Tabelo 5: Grandoj laŭ ISO 7345. Kelkaj formuloj havas numeron por referenco en la teksto de la paragrafo 7. La tabelo estas daŭrigita sur la venonta paĝo.

grando	simbolo	unuo	formula difino (n-ro)
varmo	Q	J	
varmospezo	Φ	W	$\Phi = \frac{dQ}{dt}$
laŭarea varmospezo	q	W/m ²	$q = \frac{d\Phi}{dA}$
laŭlinia varmospezo	q_l	W/m	$q_l = \frac{d\Phi}{dl}$
varmokondukteco	λ	W/(m·K)	$q = -\lambda \text{ grad } T$ (1)
varmorezisteco	r	(m·K)/W	$\text{grad } T = -r \vec{q}$ (2)
(laŭarea) varmorezistanco	R	(m ² ·K)/W	$R = \frac{T_1 - T_2}{q}$
laŭlinia varmorezistanco	R_l	(m·K)/W	$R_l = \frac{T_1 - T_2}{q_l}$
koeficiento de varmotransiĝo ĉe surfaco	h	W/(m ² ·K)	$h = \frac{q}{T_s - T_a}$
(laŭarea) varmokonduktanco	Λ	W/(m ² ·K)	$\Lambda = \frac{1}{R}$
laŭlinia varmokonduktanco	Λ_l	W/(m·K)	$\Lambda_l = \frac{1}{R_l}$
(laŭarea) interzona varmokonduktanco	U	W/(m ² ·K)	$U = \frac{\Phi}{(T_1 - T_2)A}$
laŭlinia interzona varmokonduktanco	U_l	W/(m·K)	$U_l = \frac{\Phi}{(T_1 - T_2)l}$

Tabelo 5 (daŭrigita).

grando	simbolo	unuoj	formulo difino (n-ro)
varmokapacito	C	J/K	$C = \frac{dQ}{dT}$ (3)
laŭmasa varmokapacito	c	J/(kg·K)	
laŭmasa varmokapacito ĉe konstanta premo	c_p	J/(kg·K)	
laŭmasa varmokapacito ĉe konstanta volumeno	c_v	J/(kg·K)	
varmodifuzeco	a	m ² /s	$a = \frac{\lambda}{\rho c}$
varmabsorbeco	b	J/(m ² ·K·s ^{1/2})	$b = \sqrt{\lambda \rho c}$

Tabelo 6: Kromaj grandoj kaj indicoj laŭ ISO 7345.

grando	simbolo	unuoj
termodinamika temperaturo	T	K
celsia temperaturo	θ	°C
longo	l	m
diko, larĝo	d	m
diametro	D	m
areo	A	m ²
volumeno	V	m ³
tempo	t	s
maso	m	kg
denso	ρ	kg/m ³

interna	i
ekstera	e
surfaca	s
interna surfaco	si
ekstera surfaco	se
kondukto	cd
konvekto	cv
radiado	r
kontakto	c
gasa/aera spaco	g
ĉirkaŭaĵa	a

En la suba listo vi trovos la de mi proponatajn esperantajn terminojn. Konsideroj kaj klarigoj por la elekto de esperantaj terminoj estas traktataj en la paragrafo 8. La alilingvaj tradukojn mi trovis en aliaj fontoj kiuj ne estas normoj, sed kiuj certe ĉerpas el la respektivaj naciaj normoj.

Q [J]

varmo : *kvanto de varmo*

- [de] Wärme ⁽¹⁾
- [en] heat ⁽¹⁾
- [es] calor ⁽¹⁾
- [fr] chaleur ⁽¹⁾
- [nl] warmte ⁽²⁾
- [pl] ilość ciepła ⁽³⁾

Φ [W]

varmo-spezo : *kvanto de varmo kiu laŭ tempounuo transiras al aŭ el sistemo*

- [de] Wärmestrom ⁽¹⁾
- [en] heat flow rate ^(1,6)
- [es] flujo de calor ⁽¹⁾
- [fr] flux thermique ⁽¹⁾
- [nl] warmtestroom ⁽²⁾
- [pl] strumień cieplny ⁽³⁾

q [W/m²]

laŭarea varmo-spezo : *varmo-spezo laŭ are-unuo*

- [de] Wärmestromdichte ^(1,5)
- [en] density of heat flow rate ^(1,5,6)
- [en] densidad de flujo de calor ^(1,5)
- [fr] densité du flux thermique ^(1,5)
- [nl] (areïeke) warmtestroomdichtheid ^(2,4)
- [pl] gęstość strumienia cieplnego ⁽³⁾

q_l [W/m]

laŭlinia varmo-spezo : *varmo-spezo laŭ lini-unuo*

- [de] längebezogene Wärmestrom ⁽¹⁾
- [en] linear density of heat flow rate ⁽¹⁾
- [es] densidad lineal de flujo de calor ⁽¹⁾
- [fr] densité linéique du flux thermique ⁽¹⁾
- [nl] lineïeke warmtestroomdichtheid ⁽²⁾
- [pl] liniowa gęstość strumienia cieplnego ⁽³⁾

λ [W/(m·K)]

varmo-kondukteco : *grando difinita per la formulo 1 el la tabelo 5; kvociento de la varmo-spezo per la negativa temperatura gradiento* ^(8,9)

- [de] Wärmeleitfähigkeit ⁽¹⁾
- [en] thermal conductivity ⁽¹⁾
- [es] conductividad térmica ⁽¹⁾
- [fr] conductivité thermique ⁽¹⁾
- [nl] warmtegeleidingscoëfficiënt ⁽²⁾
- [pl] współczynnik przewodzenia ciepła ⁽³⁾

r [(m·K)/W]

varmo-rezisteco : *grando difinita per la formulo 2 el la tabelo 5; kvociento de la negativa temperatura gradiento per la vektora varmo-spezo* ^(8,9)

- [de] Wärmewiderstand ⁽¹⁾
- [en] thermal resistivity ⁽¹⁾
- [es] resistividad térmica ⁽¹⁾
- [fr] résistivité thermique ⁽¹⁾
- [nl] warmteweerstandcoëfficiënt ⁽²⁾

R [(m²·K)/W]

(laŭarea) varmo-rezistanco ⁽⁴⁾ : *temperatura diferenco dividita per la laŭarea varmo-spezo ĉe konstantigita stato* ^(10,11,12)

- [de] Wärmedurchlaß-widerstand ^(1,5)
- [en] thermal resistance ^(1,5,7)
- [es] resistencia térmica ^(1,5)
- [fr] résistance thermique ^(1,5)
- [nl] (areïeke) warmteweerstand ^(2,4)
- [pl] opór cieplny ⁽³⁾

R_l [(m·K)/W]

laŭlinia varmo-rezistanco : *temperatura diferenco dividita per la laŭlinia varmo-spezo ĉe konstantigita stato* ^(11,12)

- [de] linearer Wärmedurchlaß ⁽¹⁾
- [en] linear thermal resistance ⁽¹⁾
- [es] resistencia térmica lineal ⁽¹⁾
- [fr] résistance thermique linéique ⁽¹⁾
- [nl] lineïeke warmteweerstand ⁽²⁾

h [W/(m²·K)]

koeficiento de varmo-transiĝo ĉe surfaco : laŭarea varmo-spezo tra surfaco ĉe konstantigita stato dividita per la diferenco de surfaca temperaturo kaj ĉirkaŭaĵa temperaturo ⁽¹²⁾

[de] Wärmeübergangs-koeffizient ⁽¹⁾

[en] surface coefficient of heat transfer ⁽¹⁾

[es] coeficiente superficial de transmisión de calor ⁽¹⁾

[fr] coefficient de transfert thermique surfacique ⁽¹⁾

[nl] warmteoverdrachtscoëfficiënt ⁽²⁾

[pl] współczynnik przejmowania ciepła ⁽³⁾

Λ [W/(m²·K)]

(laŭarea) varmo-konduktanco ⁽⁴⁾ : la inverso de la laŭarea varmo-rezistanco de surfaco al surfaco ĉe unuforma laŭarea varmo-spezo

[de] Wärme-durchlaßkoeffizient ^(1,5)

[en] thermal conductance ^(1,5)

[es] conductancia térmica ^(1,5)

[fr] conductance thermique ^(1,5)

[nl] (areieke) warmtegeleiding ^(2,4)

Λ_l [W/(m·K)]

laŭlinia varmo-konduktanco : la inverso de la laŭlinia varmo-rezistanco de surfaco al surfaco ĉe unuforma laŭlinia varmo-spezo

[de] lineare Wärmeausdurchgang ⁽¹⁾

[en] linear thermal conductance ⁽¹⁾

[es] conductancia termica lineal ⁽¹⁾

[fr] conductance thermique linéique ⁽¹⁾

[nl] lineieke warmtegeleiding ⁽²⁾

U [W/(m²·K)]

(laŭarea) interzona varmo-konduktanco ⁽⁴⁾ : varmo-spezo ĉe konstantigita stato dividita per la areo kaj per la diferenco de la temperaturoj je ambaŭ flankoj de sistemo ^(12,13)

[de] Wärmedurchgangs-koeffizient ^(1,5)

[en] thermal transmittance ^(1,5)

[es] coeficiente de transmisión de calor ^(1,5)

[fr] coefficient de transmission thermique ^(1,5)

[nl] (areieke) warmtedoorgangscoefficiënt ^(2,4)

[pl] współczynnik przenikania ciepła ⁽³⁾

U_1 [W/(m·K)]

laŭlinia interzona varmo-konduktanco : varmo-spezo ĉe konstantigita stato dividita per la longo kaj per la diferenco de la temperaturoj je ambaŭ flankoj de sistemo ^(12,13)

[de] linearer Wärmedurchgangs-koeffizient ⁽¹⁾

[en] linear thermal transmittance ⁽¹⁾

[es] coeficiente de transmisión térmica lineal ⁽¹⁾

[fr] coefficient linéique de transmission ⁽¹⁾

[nl] lineïeke warmtedoorgangskoëfficiënt ⁽²⁾

[pl] liniowy współczynnik przenikania ciepła ⁽³⁾

C [J/K]

varmo-kapacito : grando difinita per la formulo 3 el la tabelo 5; kvociento de malgranda varma diferenco per malgranda temperatura diferenco se temperaturo de sistemo grandiĝas pro aldono de malgranda kvanto de varmo ⁽⁹⁾

[de] Wärmekapazität ⁽¹⁾

[en] heat capacity ⁽¹⁾

[es] capacidad térmica (calorífica) ⁽¹⁾

[fr] capacité thermique calorifique ⁽¹⁾

[nl] warmtecapaciteit ⁽²⁾

[pl] pojemność cieplna ⁽³⁾

c [J/(kg·K)]

laŭmasa varmo-kapacito : varmo-kapacito dividita per la maso

[de] spezifische Wärmekapazität ⁽¹⁾

[en] specific heat capacity ⁽¹⁾

[es] calor específico ⁽¹⁾

[fr] capacité thermique massique ⁽¹⁾

[nl] soortelijke warmte ⁽²⁾

[pl] ciepło właściwe ⁽³⁾

c_p [J/(kg·K)]

laŭmasa varmo-kapacito ĉe konstanta premo : varmo-kapacito dividita per la maso ĉe konstanta premo

[en] specific heat capacity at constant pressure ⁽¹⁶⁾

[nl] soortelijke warmte bij constante druk ⁽²⁾

c_V [J/(kg·K)]

laŭmasa varmo-kapacito ĉe konstanta volumeno : *varmo-kapacito dividita per la maso ĉe konstanta volumeno*

[en] specific heat capacity at constant volume ⁽¹⁶⁾

[nl] soortelijke warmte bij constante volume ⁽²⁾

a [m²/s]

varmo-difuzeco : *varmo-kondukteco dividita per denso kaj per laŭmasa varmo-kapacito* ⁽¹⁴⁾

[de] Temperatur-leitfähigkeit ⁽¹⁾

[en] thermal diffusivity ⁽¹⁾

[es] difusividad térmica ⁽¹⁾

[fr] diffusivité thermique ⁽¹⁾

[nl] temperatuurvereffeningscoëfficiënt ⁽²⁾

[pl] współczynnik wyrównywania temperatury ⁽³⁾

b [J/(m²·K·s^{1/2})]

varm-absorbeco : *dua radiko de la produto de varmo-kondukteco, de denso kaj de laŭmasa varmo-kapacito* ⁽¹⁵⁾

[de] Wärmeeindring-koeffizient ⁽¹⁾

[en] thermal effusivity ⁽¹⁾

[es] efusividad térmica ⁽¹⁾

[fr] effusivité thermique ⁽¹⁾

[nl] contactcoëfficiënt ⁽²⁾

[pl] aktywność cieplna ⁽³⁾



Notoj:

(¹) La rekta fonto estas Eurima 2009. Evidente por tiu ĉi fonto oni uzis la naciajn versiojn de ISO 7345.

(²) La rekta fonto estas NEN-ISO 7345:1988.

(³) La rekta fonto estas Klemm 2007, kie oni referencas al PN-EN-ISO 7345.

(⁴) NEN-ISO 7345 postulas ke oni aldonu la nederlandan esprimon “areieke” (“laŭ-area”) en la terminon, se eblus ĝin konfuzi kun la koresponda nocio kiu baziĝas sur linio. Ni sekvu same en Esperanto.

(⁵) Por la aliaj lingvoj verŝajne validas io simila al la postulo de noto 4. La koresponda esprimo por “laŭarea” tamen ne estas indikita en la listo.

(⁶) Mi resumas rimarkon el la aldonajo en ISO 7345: La vektoro de la laŭarea varmo-spezo nomiĝas angle “thermal flux density” kaj ne “heat flux density”. Ĉe varmo-kondukto “thermal flux” kaj “heat flow rate” estas ekvivalentaj esprimaĵoj. Kiam la vektoro ne povas esti difinita (ĉe varmo-konvekto kaj ofte ĉe varmo-radiado), oni uzu la esprimaĵojn “heat flow rate” kaj “(surface) density of heat flow rate”.

(⁷) La piednoto en ISO 7345 diras: “En ISO 31/4 la grando R nomiĝas angle “thermal insulance” aŭ “coefficient of thermal insulation”, kun la simbolo M .”

(⁸) Mi resumas el la aldonajo en ISO 7345: (a) Plej ĝenerale, varmo-kondukteco kaj varmo-rezisteco estas tensoro de naŭ koeficientoj de la liniaj kombinaĵoj de la komponantoj de grad T kaj de la vektoro de q . (b) Se varmo-kondukteco kaj varmo-rezisteco konstantas laŭ spaco kaj tempo, oni povas konsideri ĝin varmece propreco de la materialo ĉe certa temperaturo.

(⁹) En la normo la grando estas difinita nur per formulo. Mi aldonis la vortan difinon.

(¹⁰) Ĉe varmece izotropa tavolo kun diko d validas $R=d/\lambda$.

(¹¹) La laŭarea aŭ laŭlinia varmo-spezo estu konstanta ĉie en la areo aŭ linio por kiu R aŭ respektive R_l estas difinita.

(¹²) Ĉe la grando estu indikitaj la maniero de varmo-transiĝo (kondukto, libera konvekto, truda konvekto, radiado, miksaĵo) kaj la randkondiĉoj (temperaturoj T_1 kaj T_2 k.t.p).

(¹³) La vorto “sistemo” ne estas difinita en ISO 7345. Laŭ praktiko mi konsideras ke la temperaturoj “je ambaŭ flankoj de sistemo” estas ĉirkaŭajaj temperaturoj. Se varmo-radiado estas neglektata, ĉirkaŭaja temperaturo egalas al la temperaturo de la aero ekster la limtavolo de la aerfluo (pro konvekto ĉe la surfaco de vando) kaj do la aertavolo estas parto de la sistemo. Se grundo troviĝas je flanko de vando (kiel en kelo), ĉirkaŭaja temperaturo egalas al grunda temperaturo, kiun oni supozas konstanta, kaj la tavolo de grundo estas parto de la sistemo.

(¹⁴) (a) Por gasoj validas c_p . (b) Supozendas homogenaj kaj netraverseblaj materialoj. (c) La granda a gravas ĉe tempa dependo kaj de \hat{g} dependas la ŝanĝiĝo de temperaturo en iu volumeneto de materialo pro ŝanĝiĝo de la varmo-spezo ĉe la facoj de la volumeneto.

(¹⁵) (a) Por gasoj validas c_p . (b) La granda b gravas ĉe tempa dependo kaj de \hat{g} dependas la ŝanĝiĝo de la *surfaca* temperaturo de objekto de certa materialo pro ŝanĝiĝo de la varmo-spezo al la surfaco.

(¹⁶) Mia traduko.

8 Konsideroj pri la esperantaj terminoj

Ĉi tie mi provas klarigi miajn terminologiajn konsiderojn por la elektoj de la terminoj, precipe el la normo ISO 7345. Ĝenerale la unuaj paŝoj de la terminologia laboro estas la elekto (limigo) de la temo, la konstruo de la nocisistemo kaj la difinado de nocioj. Pro la jama ekzisto de ISO 7345 tiujn paŝojn mi ne bezonis fari. Do mia tasko estas elekti la ĝustajn terminojn. Plue, la terminologia labormetodo postulas ke ili estu pridiskutataj kaj privedicdataj en kolektivo.

Spezo. Verŝajne tre rimarkinda por multaj esperantistoj estas la propono de “spezo” en la kunteksto de transiĝoj de varmo kaj maso. Mi jam uzis la esprimon “ventola spezo” en artikolo por la *Jarkolekto de TAKE* (Van Mook 2008). Per “ventola spezo” estas indikita la kvanto de aero interŝanĝita en tempunuo. Mi imagas larĝan uzon de “spezo”. Tial la diskuto pri “spezo” kaj aliaj nomoj “trafluo”, “debito” k.t.p. estis lanĉita en Konstru-Forumo en januaro 2008 (www.purl.org/net/kofo/). Nun en julio 2009 la diskuto ankoraŭ ne rezultas al klara decido. Ne ĉiuj forumanoj konvinkiĝis kial “spezo” estus pli bona termino ol “trafluo”.

En Esperanto ankoraŭ ne ekzistas kutima termino por la ideo de kvanto en tempunuo. Tůma (1972), Blázquez (1982), Rybář (1982), PIV (Waringhien

k.a. 1987) kaj Ŝejpak (1999) mencias “trafluo”, “spezo”, “flukvanto”, “elflukvanto” kaj respektive “elspezo”. Blázquez ankaŭ mencias “debito” kaj “flukvanto”, sed referencas tuj al “spezo”.

Mi ĉi tie resumas miajn motivojn kial mi elektis “spezo” kaj ne unu el la aliaj nomoj, nome “flukvanto”, “trafluo” kaj “debito”.

Ne taŭgas termino “flukvanto” se ĝi estas difinita kiel “kvanto en tempunuo” (do ekzemple Q/t laŭ ISO 7345). Tiel la termino “kvanto” ŝajnas havi du malsamajn difinojn, nome Q/t kaj Q . Indas havi klaran difinon, ĉar “kvanto” aperas en multaj lokoj en fiziko. Oni parolas ekzemple pri kvanto de energio (en la unuo J), kvanto de maso (kg), kvanto de lumo ($lm \cdot s$), kvanto de elektro ($C=A \cdot s$). Do pro tio oni komprenu “flukvanto” nur kiel kvanton de elementoj, kiuj fluas aŭ fluis; do ĝia unuo estas ekzemple kg aŭ J.

La kontraŭoj al la vortoj “trafluo” kaj “debito” ne estas same fundamentaj kiel la kontraŭo al “flukvanto”. “Trafluo” estas malpli trafa esprimo. Ĉe varmo fluado fakte okazas nur ĉe unu el eblaj meĥanismoj, nome konvekto. Pligrandigo de la signifo de “flu” por enteni radiadon kaj konduktadon ne ŝajnas al mi oportuna, ĉar la fenomeno flui ja jam rilatas al tre diversaj grandoj (rapido, spezo, turbuleco, viskoso, ktp) kaj al tre diversaj fenomenoj (varmo, gasoj, likvoj k.s.).

En la parto de la fiziko en kiu oni traktas mas- kaj energitransiĝon, mi ne kontraŭas uzi ekonomiajn ekzemplojn. Oni ekzemple kutime uzas la terminon “bilanco” se la tuta sumo de en- kaj elirantaj energioj (aŭ masoj) egalas al nulo. Ankaŭ “debito” kaj “spezo” unue havas ekonomian signifon. “Spezo” havas signifon neŭtralan pri direkto, kaj tial ĝi estas preferata nomo. Ĉar “debito” signifas “podetala vendado de varo”, ĝi havas certan direkton, nome el la vendejo.

Varmo-transiĝo. Aliaj nomoj povus esti ekzemple “varmo-transporto”, “varmo-transiro”, “varm-interŝanĝo” (Tuma 1972 kaj Ŝejpak 1999) kaj “varmo-propago”. La plej simpla (kaj tre esperanta) formo, varmo-transiĝo, estas ĉi tie uzata, kiam oni ne distingas unu specifan meĥanisman. Konsekvence ni povas uzi la terminon mastransiĝo kaj ties specifigaĵojn humidotransiĝo, vaportransiĝo k.t.p.

Konduko, rezisto kaj kondukto. Foje oni konfuzas “konduko” kaj “kondukto”. “Konduko” ja estas pli ĝenerala vorto kaj havas plurajn signifojn: ekzemple iu persono kondukas alian personon. En fiziko ĝi ankaŭ havu

signifon; ĝi ne signifas “kondukton” sed estu la malo de rezisto! Krome, konduko (kaj kondukilo) rilatas ankaŭ al kanaloj kaj tuboj (en kiuj okazas la fenomeno konvekto, ne kondukto). Mi do preferas uzi la vorton “konduko” en la signifo de “tralaso” kaj “malrezisto”, sen distingo de transiĝa meĥanismo. “Kondukto” estas uzita por nomi la fenomenon de paso de energio de unu molekulo al apuda.

Konvekto kaj konvekcio. Foje oni konfuzas konvekton kaj konvekcion. En meteorologio kaj fiziko pri la atmosfero oni distingas konvekcion (vertikalan aermoviĝon) disde advekcio (horizontalan aermoviĝon). Ili ambaŭ estas specoj de konvekto (moviĝo de fluido).

Konduktanco kaj rezistanco. Ĉi tie ili estas konsiderataj kiel terminoj kiuj origine uzatas en elektroniko, sed uzatas ankaŭ pli ĝenerale en fiziko por modeligo de sistemoj analogaj al elektronikaĵoj. Rezistanco estas ĝenerale difinita kiel kvociento de potencialdiferenco per spezo (komparu la difinon ekzemple en Waringhien k.a. 1987). Konduktanco estas la inverso de rezistanco. Rilate al ISO 7345 mi komparas konduktancon al konduko aŭ tralaso, kaj ne nepre al kondukto (rimarku la “t”). Oni ne rekte rilatu konduktancon kaj rezistancon kun kondukto kaj rezisto, malgraŭ la formaj similaĵoj. Se varmo-kapacito de vandoj ekzemple estas konsiderataj en konstrufiziko, la nociaro estas pligrandigita per “admitanco” kaj “impedanco”, kiuj rilatas al kondukado kaj respektive rezistado ĉe laŭtempe ŝanĝiĝantaj varmo-ŝarĝoj. Ĉe tia reĝimo rezistanco estas la reela parto de la kompleksa granda impedanco.

Varmo-kondukteco, varmo-rezisteco (1). Ĉi tie ne estas uzataj varmo-konduktiv(ec)o nek varmo-rezistiv(ec)o, kvankam ili estas uzataj. Ŝajnas al mi ke la formoj kun “-iv-” ne donas pli precizan informon, ol la simplaj esperantecaj formoj kun “-ec-”. La signifon de “-iv-” oni kutime priskribas per “povo”, sed laŭ mi tiu ĉi ideo malbone kongruas kun la nocioj kiuj prezentas proprecon de materialo, kies efektiviĝo ne dependas de hazardo, probable aŭ (arbitra) volo.

Varmo-kondukteco kaj varmo-rezisteco (2). Iliaj alternativaj nomoj estus “koeficiento de varmo-kondukto” kaj “koeficiento de varmo-rezisto”, se tiuj ĉi estus veraj koeficientoj, t.e. skalaro per kiu oni multiplikas certan variablon. Ĝenerale varmo-kondukteco kaj varmo-rezisteco estas tensoroj, do tial “koeficiento” en la nomoj ne tute taŭgas.

Koeficiento de X. Anstataŭ tio ĉi mi konsideras ke la esprimo “koeficiento de X-eco” estas malbona, ĉar pleonasma. Per koeficientoj oni ja esprimas konstantojn kiujn oni supozas proprecoj.

Varmo-difuzeco kaj varmabsorbeco. Ĉe tiuj ĉi du terminoj validas simile la supraj rimarkoj pri varmo-kondukteco kaj varmo-rezisteco.

Laŭlinia, laŭarea, laŭvolumena, laŭmasa. Tiuj ĉi vortoj indikas ke la grandoj rilatas al unu de linio (longo), areo, volumeno kaj respektive maso. Kutime oni dividas grandon per unu de longo, areo k.t.p., sed foje oni multiplikas (ekzemple ĉe R kaj R_l). Pro sistemeco estas uzata “laŭmasa”, kvankam aliloke oni uzas ankaŭ “specifa”.

Laŭarea kaj laŭ-linia varmo-spezo. En aliaj lingvoj oni diras laŭvorte “(area) denso de varmo-spezo” kaj “linia denso de varmo-spezo”. Mi hezitas ĉu sekvi tiun ĉi formon ankaŭ en Esperanto. Tamen en ĉi artikolo mi ne faras tion, ĉar la formo “laŭarea varmo-spezo” malpli pezas kaj ĉar evitindas ke “denso” havus du signifojn. Denso ja jam estas “maso dividita per volumeno”.

En la nova normo pri ĝenerala fizikaj grandoj, ISO 80000-5, kiu anstataŭas ISO 31-4:1992, oni cetere mencias angle “areic heat flow rate” kaj france “flux thermique surfacique”, krom la konataj “density of heat flow rate” respektive “densité de flux thermique”. La normo ne indikas eventualajn diferencojn pri la terminoj. Krome mi ne scias ĉu ili ĉiuj jam estis menciitaj en ISO 31-4:1992, ĉar mi ne plu povas akiri ĝin.

Interzona varmo-konduktanco. Tiu ĉi nomo estas proponata por la fama grandoj U . Zono ne estas difinita en ISO 7345, sed mi difinas ĝin kiel spaco aŭ medio pri kiu oni supozas unu temperaturon. Tiu temperaturo ja estas la ĉirkaŭaĵa temperaturo (vidu ankaŭ mian noton 13 en la paragrafo 7). La epiteto “interzona” do rilatas al ĉio kio troviĝas inter du zonoj, do kio konsistigas la sistemon laŭ la difino de U en ISO 7345. Se temas pri ordinara vando, la sistemo konsistas el la materialoj de la vando kaj en la sistemo oni enkalkulas la varmo-rezistancojn de la aeraj limtavoloj ĉe la surfaco de la vando kaj la varmo-radiadon inter la vando kaj aliaj surfacoj en la zono. Se grundo troviĝas je flanko de vando (kiel en kelo), ĉirkaŭaĵa temperaturo egalas al grunda temperaturo kiun oni supozas je certa profundo unuforma (jen alia speco de zono), kaj la tavolo de grundo estas parto de la sistemo. La epiteto “interzona”

ankaŭ eblas uzi ĉe aliaj grandoj: “interzona varmo-rezistanco” (R_T) estas angle “total thermal resistance (environment to environment)” (ISO 6946).

Anstataŭ “interzona” mi ne trovis pli bonajn esprimaĵojn: “interaera” (ne inkluzivas grundon kiel zonon), “interĉirkaŭaĵa” (tro multsilaba esprimaĵo), “totala” (eble konfuzigas kun aliaj totaloj kaj sumoj en energikalkulado). Esprimaĵoj “koeficiento de varmtrapaso” kaj “koeficiento de varmtralaso” estas malpli preferataj ĉar ili ne estas same sistemaj ol “interzona varmo-konduktanco”.

En konstantigita stato. Ĉi tiu nocio havas en la nuna esperanta literaturo kelkajn diversajn esprimaĵojn: “konstantigita” (movo, kondukto, stato k.t.p.) (Tůma 1972, Rybář 1982 kaj Ŝejpak 1999) kaj “reĝimo permanenta” (Blázquez 1982). Ĉi tie estas provizore akceptata kaj uzita la esprimo “en konstantigita stato”. Oni komprenu “konstant” do nur rilate al tempo, ĉar alie “en konstantigita stato” ne klaras pri tio de kiu grando oni supozas la sistemon nedependa.

Tre provizoraj terminoj por la grandoj en la tabeloj 3 kaj 4. Kiam ni fine akceptos certajn terminojn pri varmo-transiĝo, ni povos ekzemple plu ellabori la terminojn por nocioj pri transiĝoj de humido kaj aero tra poraj materialoj. En la tabelo 7 mi prezentas ĉi tie *tre provizoran* liston de terminoj por la grandoj el ISO 9346 kiuj aperas en la tabeloj 3 kaj 4. La listo ne estas kompleta, ĉar en ISO 9346 multaj pliaj grandoj estas difinitaj. Notu ankaŭ ke la listo estas provizora, ĉar ĝi ne kompletas kaj ĝi estas ekster la ĉefa temo de tiu ĉi artikolo. Cetere, la fenomeno de fluido kiu fluas (!) tra solida pora materialo estas provizore nomata per la neologismo “perme(ad)o”, kaj ĝi ne estu konfuzita kun difuzado aŭ kun fluado tra unu orifiko.



Tabelo 7: Kelkaj anglaj terminoj el ISO 9346 kaj tre provizore proponataj esperantaj terminoj. Vidu ankaŭ la tabelojn 3 kaj 4.

grando (terminoj esperanta kaj angla)	simbolo	unu
laŭvolumena humido humidity by volume	v	kg/m^3
laŭarea humidospozo density of moisture flow rate	g	$\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$
koeficiento de vapordifuzo en aero water vapour diffusion coefficient in the air	D	m^2/s
vaporpermeeco (vaporkondukeco?) water vapour permeability	δ_v	m^2/s
vaporkonduktanco water vapour permeance	W_v	m/s
vaporrezistanco water vapour resistance	Z_v	s/m
faktoro de vaporrezisto water vapour resistance factor	μ	-
koeficiento de vaportransiĝo ĉe surfaco surface coefficient of water vapour transfer	β_v	m/s
laŭarea aerspezo density of air flow rate	r	$\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$
aerpermeeco permeability of a porous medium	k	m^2
aerkonduktanco permeability of a porous medium	K	$\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa})$
aerrezistanco air resistance	S	$\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}/\text{m}^3$

9 Konkludo

Per tiu ĉi artikolo mi proponas esperantajn terminojn por bazaj nocioj pri varmizolado kaj energiŝparo, nome laŭ ISO 7345. Vidu la paragrafon 7 kaj la tabelon 5. Mi ne rekomendas ilin tuj uzi, ĉar ili devos ankoraŭ esti traktataj kaj juĝataj de kolektivo. Terminologia laboro ja estu kolektiva laboro, pri Esperanto ĝi ja estu eĉ internacia. Komentoj de legantoj kaj sinanoncoj por partopreno en la kolektivo estas do tre bonvenaj. Bonvolu kontakti min per retpoŝto al [fabien \(heliko\) galerio \(punkto\) org](mailto:fabien@heliko.org).

Tiu ĉi artikolo montras larĝan kuntekston por la nocioj el ISO 7345, ĉar mi opinias tre gravaj la ligojn inter tiuj nocioj kaj analogaj nocioj pri elektro, transiĝo de humido kaj transiĝo de aero. La du laste menciitaj temoj cetere gravas en konstrufiziko. Imageblas ke iuj kritikis miajn vidpunktojn, kiuj estas sufiĉe matematikecaj (fizika-matematika modeligo), ĉar eble mi konfuzas fenomenojn matematike similajn sed reale malsamajn. Alia kritiko estus la manko de klaraj difinoj en la artikolo krom la difinoj de la nocioj el ISO 7345. Ja estas evitata multe tro ampleksa artikolo.

Ĉar la temo de ISO 7345 estas sufiĉe specifa, oni ne devas miri ke ne ekzistas tradicio en la faka esperanta literaturo. Rimarkindas jes ke plej bazaj nocioj, precipe varmo-transiĝo, varmo-kondukto, varmo-kondukteco, varmo-spezo kaj laŭarea varmo-spezo ankoraŭ ne havas determinitan terminon en Esperanto. Ili ja apartenas al la ĝenerala fiziko. El la korespondaj terminoj, ĉi tie proponitaj, verŝajne la terminoj “spezo” por la ideo de “kvanto transiĝanta en tempunuo” kaj “laŭarea spezo” por “kvanto transiĝanta en tempunuo kaj tra areunuo” okulfrapas multajn esperantistojn. Gravus laŭ mi ke la faka esperantista komunumo akceptu nomojn por la bazegaj nocioj, kiuj povas esti vaste uzataj, kaj kiuj oportunas pro koncizeco.

La temo de ISO 7345 estas sufiĉe limigita (nur 17 nocioj). Estontece oni povus antaŭvidi esperantigon de terminoj pri varmo-transiĝo ĉe nekonstantigita stato, kaj pri varmo-radiado (ISO 9288). Uzante ISO 7345 kiel ŝablonon por la terminigo, ni povus estontece alfronti malsamajn sed similajn fenomenojn, nome pri mastransiĝo: vaporo, humido kaj aero (ISO 9346).

Literaturo

F. García Blázquez (1982). *Hidraŭlika-sanitara terminaro*. Karakaso (VE).

Eurima (2009). *Insulation lexicon*. Kvarlingva (de, en, es, fr) vortaro je la retejo de la “European Insulation Manufacturers Association”: <http://www.eurima.org/insulation-lexicon/>. La aŭtoro spektis ĝin en majo 2009.

C.-E. Hagentoft (2001). *Introduction to building physics*. Lund (SE): Studentlitteratur.

P. Klemm k.a. (2007). *Budownictwo ogólne : tom 2 : fizyka budowli*. Varsovio (PL): Arkady.

K.J. Moberg (1958). *Konstruteknika terminaro sveda-esperanta kaj alilingva*. Malmö (SE): Förlagsföreningen Esperanto.

NEN-EN-ISO 6946:2008. *Componenten en elementen van gebouwen - Warmteweerstand en warmtedoorgangscoefficiënt - Berekeningsmethode : Building components and building elements - Thermal resistance and thermal transmittance - Calculation method*.

Unulingva: en. Delft (NL): NEN.

NEN-EN-ISO 9288:1996. *Thermische isolatie - Warmteoverdracht door straling - Symbolen voor fysische grootheden en definities : Thermal insulation - Heat transfer by radiation - Physical quantities and definitions*. Versioj anglalingva kaj nederlandlingva. Delft (NL): NEN.

NEN-EN-ISO 9346:2007. *Hygrothermische prestatie van gebouwen en bouwmaterialen - Fysische grootheden voor massatransport - Termen, definities en symbolen : Hygrothermal performance of buildings and building materials - Physical quantities for mass transfer - Vocabulary*. Trilingva de, en kaj fr. Delft (NL): NEN.

NEN-ISO 7345:1988. *Thermische isolatie - Fysische grootheden, definities en symbolen : Thermal insulation - Physical quantities and definitions*. Unulingva: nl. Delft (NL): NEN.

Jarkolekto de TAKE 2009

NEN-ISO 80000-5:2007. *Quantities and units - Part 5: Thermodynamics*. Unulingva: en. Delft (NL): NEN.

J. Rybář (1982). *Terminaro de hidraŭlaj meĥanismoj*. Prago (CZ): Ĉeĥa Esperanto-Asocio.

A. Ŝejpak (1999). *Hidromekaniko kaj varminterŝanĝo : en Esperanto : (resumo de lekcioj)*. Moskvo (RU): Moskva Ŝtata Industria Universitato.

E. Tammes kaj B.H. Vos (1984). *Warmte- en vochttransport in bouwconstructies*. Dua eldono. Deventer (NL): Kluwer Technische Boeken.

M. Tůma (1972). *Pri la varmo*. Prago (CZ): Český Esperantský Svaz.

F. van Mook (2008). *Ventolado de mezgrandaj garaĝoj kaj aŭtoremizoj*. En: *Jarkolekto de TAKE 2008*, paĝoj 19–30. Wintzenheim (FR): TAKE.

G. Waringhien (ĉefred.) (1987). *Plena ilustrita vortaro de Esperanto*, represo de la tria eldono kun suplemento. Parizo (FR): Sennacieca Asocio Tutmonda.

J. Werner (2001). *Loĝi energiŝpare : Pri basenergetikaj kaj pasivaj domoj*. En: *Scienca Revuo*, volumo 52, kajero 3, paĝoj 25–36.

Pri la aŭtoro

Fabien van Mook (1971) finstudis en la fako de konstrufiziko en 1996 en la Tehnologia Universitato de Eindhoven (NL). De 1996 ĝis 2003 en la sama universitato li esploris la kvantigon de pluvo sur fasadoj per mezurado kaj komputila simulado. Ekde 2004 li laboras en konsila inĝeniera buroo pri konstrufiziko, kie li precipe traktas ventoladon kaj fajron en garaĝoj en loĝdomoj, venton ĉirkaŭ konstruaĵoj kaj someran trovarmiĝon de loĝejoj. Fabien esperantistiĝis en 1992. Ekde 1994 li aktivas en TAKE kaj pri konstruista terminologio.

