



Ministerul Educației, Cercetării, Tineretului și Sportului
Universitatea POLITEHNICA din București
Școala Doctorală a Facultății de Inginerie Mecanică și
Mecatronică

Rezumat Teza de Doctorat

Cercetari privind eficienta energetica la cladiri, a vitrajelor si accesoriilor acestora, in conditiile tarii noastre

student-doctorand: ing. **Romeo-Traian POPA**

comisia de indrumare: conducator, prof. dr. ing. Tudor PRISECARU

prof. dr. ing. Emilia-Cerna MLADIN

prof. dr. ing. Emill PETRESCU

prof. dr. ing. Gabriel NEGREANU

Cuvinte cheie

Capitolul 1 : unghiuri solare, Teorema Arcului de Cerc Mare, Legea Cosinusilor, radiatie solara difuza izotropa

Capitolul 2 : operatii booleene poligoane 2D, intersectii degenerate, regula en,ex , vertex multiplu, algoritm geometrie computationala

Capitolul 3 : vitraj, toc , transmitanta termica, punte termica, oblon, bilant energetic fereastră

Capitolul 4 : dispozitiv umbrire, copertina, simulare energetica dinamica, necesar racire

Capitolul 5 : instalatie masurare U, oblon exterior, izolatie termica

Cuprins

Capitolul 1	Derivarea unghiurilor radiatiei solare directe si a iradiantei solare difuze izotrope pentru o suprafata plana receptoare
Capitolul 2	Extinderea fundamentului geometric al unui algoritm de operatii booleene cu poligoane 2D la situatiile de intersectii degenerate. Aplicatii practice : analiza umbririi si in general, imagine grafica pe computer
Capitolul 3	Calculul transmitantei termice a vitrajului, tocului/ramei, ferestrei nemontate in anvelopa si montate ; definirea unui toc simplificat, echivalent termic cu tocul real ; si bilant energetic al unei ferestre performante termic, spre Sud, in Bucuresti, prevazuta noaptea cu oblon izolat consistent .
Capitolul 4	Calcul de simulare dinamica al efectului in timpul verii, al unor jaluzele exterioare, asupra necesarului energetic al unei cladiri din Bucuresti
Capitolul 5	Evaluare experimentala a eficientei energetice noaptea pentru un vitraj dublu performant in Bucuresti, prevazut cu un oblon exterior izolat termic consistent

Teza este compusa din 5 Capitole, unele dintre ele avand Anexe . Capitolele sunt intr-o buna masura de sine statatoare si pot fi citite independent unul de altul (si Bibliografia este data separat pe Capitole). Asadar in continuare, sunt prezentate pentru fiecare Capitol propriul rezumat ; anume problemele puse de catre noi in cadrul capitolului respectiv si raspunsurile pe care le-am dat . Pentru acele figuri din Teza, care fac parte din acest rezumat, a fost pastrata numerotarea lor din Teza . La fel pentru referintele bibliografice citate .

Capitolul 1

Sunt aici deduse de catre noi. in maniera proprie, formule ce dau unghiurile radiatiei solare directe, de interes in cazul unei suprafete receptoare plane, plasata pe Pamant intr-o locatie de clima temperata, oriunde intre Cercul Tropicelui si Cercul Arctic. Unghiurile acestea de interes sunt stiute desigur, in literatura din domeniul echipamentelor/dispozitivelor de urmarire a discului solar (solar tracking) si poate si in alte subdomenii ale ingineriei solare, insa deducerea facuta de catre noi este noua (si noi credem ca este si mai simpla decat tot ce am vazut in literatura) .

Cele doua unghiuri ale razei solare in reperul specific al suprafetei receptoare (altitudinea specifica si azimutul specific) , sunt deduse dupa ce in prealabil sunt deduse aceleasi doua unghiuri (numite acum pur si simplu altitudine solara si azimut solar) , in reperul local al locatiei de pe Pamant considerate (acest reper local este ceea ce devine reperul specific al unei suprafete receptoare inclinate - precum un colector solar, fereastra fiind un caz special de colector - dupa reorientarea ei spre Sudul local, atunci cand si inclinarea ei este modificata, astfel incat suprafata sa ajunga in planul orizontal local, cu fata in sus, spre cer) .

Dar si aceasta pereche de unghiuri, asociata reperului orizontal local, este dedusa dupa ce in prealabil, este dedusa declinatia solara, dintr-o alta pereche similara de unghiuri : cea a "altitudinii" solare si "azimutului" solar intr-un alt reper "local", asa numitul reper local ecuatorial (cele doua unghiuri solare mentionate imediat anterior, asociate acestui reper ecuatorial, se numesc respectiv declinatie solara si unghiul-orar solar) .

Prin aceste etape trece deducerea valorilor la orice moment de timp, in orice zi din an, a unghiurilor solare specifice reperului suprafetei receptoare, pornind de la dependenta temporala a unghiului-orar solar si a declinatiei solare (pe aceasta din urma noi am dedus-o intr-o ipoteza foarte simpla, plecand de la unghiul de longitudine orbitala facut de Pamant in miscarea sa in jurul Soarelui, miscare presupusa de noi circulara si uniforma) .

O ipoteza de baza a deducerilor facute, este paralelismul razelor solare ce ating Pamantul , refractia razelor solare in atmosfera terestra fiind neglijata .

Pentru fiecare trecere de la o etapa la alta, derivarea formulelor a fost facuta printr-o metoda personala, ce foloseste Teorema Arcului de Cerc Mare (TACM) , numita si Legea Cosinusilor pe Sfera. Aceasta este o teorema de trigonometrie sferica, dar atat aplicarea ei de catre noi in Capitolul 1 si chiar deducerea ei (in Anexa 1.1) , folosesc o matematica absolut elementara, cel mult de nivel de liceu, care nu face apel la geometria si trigonometria sferica .

Declinatia solara, a fost dedusa de fapt in doua feluri, ambele metode personale , una ce foloseste TACM si alta ce abordeaza "frontal brut", prin geometrie analitica (de nivel de

Tot in acest Capitol este data si o alta demonstratie, de asemenea gandita de noi , a formulei (cunoscute si aceasta), a iradiantiei solare difuze a unei suprafete receptoare plane inclinate , in ipoteza unei intensitati izotrope, a radiatiei solare difuze ce vine dinspre bolta cereasca .

4

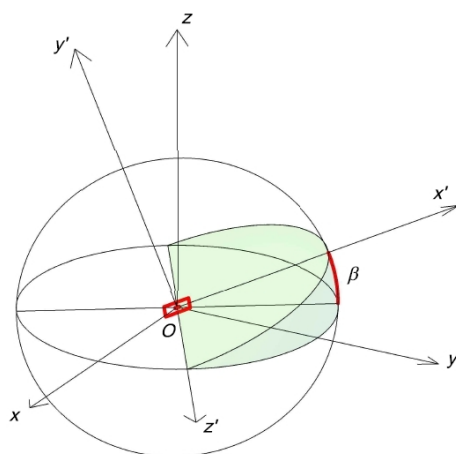


Fig. 1.5.2 Schimbare avantajoasa a reperului pentru calculul iradiantei (in mod difuz izotrop), a suprafetei receptoare (conturata gros , centrata in o) ; datorita inclinarii acestei suprafete receptoare plane (dosul sau face unghiul β cu planul orizontal local Oxy), sfera cereasca vazuta de catre suprafata , este o emisfera din care lipseste "felia de pepene" colorata, a carei "grosime" este arcul gros β

Capitolul 2

Acest Capitol, cel mai voluminos al Tezei, trateaza o problema pura de geometrie computationala , de interes curent in acest domeniu : formularea "bazei geometrice" pentru un algoritm de operatii boolene cu poligoane in plan (poligoane 2D), in cazul cel mai general posibil : contururile poligoanelor se pot autointersecta si pot avea suprapuneri proprii (autosuprapuneri) . Accentul este pus pe rezolvarea pentru un algoritm precum cel dat de Greiner & Hormann , a asa numitei probleme a intersectiilor degenerate a laturilor poligoanelor input .

La abordarea acestei probleme in toata generalitatea ei, noi am ajuns de la o problema de calcul foarte concreta : calculul fractiei din aria unei suprafate plane receptoare, care primeste radiatie solara directa incidenta, neobturata de diverse obstacole exterioare (o astfel de suprafata receptoare poate fi de exemplu o fereastră sau in general, un colector solar, fereastră fiind un caz particular de colector solar) .

Punctul de start a fost asadar acest calcul de interes tehnic foarte concret, intr-un mod cat mai exact , al umbririi rezultante/finala a suprafetei respective, fata de radiatia directa ; calcul efectuat desigur, cu computerul .

Ce numim umbra rezultanta/finala pe suprafata respectiva, este umbra ce rezulta din "compunerea" pe suprafata, a umbrelor individuale ale diverselor obstacole exterioare , de forma si amplasament generale . Miezul computational al acestei probleme de calcul al umbririi, este intotdeauna, un algoritm de geometrie computationala ce face compunerea mentionata ; mai exact, face operatii boolene (intersectie, uniune, diferenta) , cu regiuni poligonale in plan, poligoane 2D (in problema tehnica concreta de la care am pornit, aceste

poligoane sunt umbrele individuale pe suprafata receptoare respectiva, ale obstacolelor exterioare suprafetei, obstacole considerate ca avand forma si amplasament generale) .

Noi am incercat si am reusit , in Capitolul 2 , sa extindem fundamentul geometric al algoritmului celebru al lui Greiner & Hormann (algoritm pentru 2D polygon clipping) , dat de acestia in 1998 . Astfel incat sa poata fi abordate, cu un calcul exact (determinist) , situatii de mare importanta practica , asa numitele situatii de intersectii degenerate, pe care originalul nu le poate aborda/trata .

Elaborarea unui fundament geometric mai general, a fost facuta de catre noi in pasi succesivi, complicand progresiv, problema de rezolvat . Noi aici am tratat detaliat, la fiecare pas, numai operatia de intersectie intre regiuni poligonale din plan , insa tratarea operatiilor de uniune sau diferenta este perfect similara .

In aceasta abordare a situatiilor de intersectie degenerate , noi am descoperit ca sunt posibile , cel putin 2 perspective : una, numita de noi "clipper fixat", consta in a alege mereu conturul negru al poligonului "decupat" (subject) pentru constructia frontierei rezultat , atunci cand conturul rosu al poligonului "decupator" (clipper) si cel negru se suprapun ; a doua, numita de noi "clipper mobil/comutant", consta in a permite flexibilitate in alegerea culorii in zonele de suprapunere de contur input rosu cu contur input negru, atunci cand este construit/asamblat conturul regiunii poligonale ce este rezultatul operatiei (in cazul nostru, operatia de intersectie de regiuni poligonale) .

Am prezentat detaliat in teza, numai prima perspectiva . Aceasta, in opinia noastra , ofera o vizibilitate mai buna asupra unor aspecte ale problemei ; si analiza necesara pentru formularea solutiei, ne pare mai scurta in ea .

Primul pas, a fost considerarea problemei unor contururi input ne-autointersectante ale celor doua poligoane implicate in operatia booleana de intersectie (poligonul decupator, clipper, ce mereu in aceasta lucrare, a fost considerat in mod conventional, colorat rosu ; si poligonul decupat, subject, ce mereu in aceasta lucrare, a fost considerat in mod conventional, negru) . Spre deosebire insa de situatiile ce pot fi abordate de catre originalul Greiner & Hormann (G&H) prin calcul precis, determinist (ce da un rezultat unic, exact), noi am permis situatii de degenerare : situatii in care unul sau mai multe varfuri/vertexuri ale unuia din contururile/poliliniile inchise input (de intrare in operatia booleana), se afla pe celalalt contur input . Aceste contururi/polilinii input , sunt "reprezentate" in mintea computerului , ca liste ordonate "imbogatite" de "cutii" similare, multicompartimentate (structuri de date) ; fiecare astfel de "cutie" fiind asociata unui varf/vertex de segment dintre acele segmente care alcatuiesc conturul respectiv, fie rosu, fie negru (imbogatirea mentionata se refera la includerea ca vertexuri noi in listele initiale rosie si neagra, acolo unde e cazul, a vertexurilor de intersectie intre cele 2 contururi) .

O idee de baza, ce ne-a permis solutionarea problemei pentru contururi input ne-autointersectante, a fost distingerea de catre noi, a unei diferente intre doua aspecte, care in originalul G&H, din cauza particularitatii situatiei considerate (numai intersectii nedegenerate) , nu erau observate ca separate, confundandu-se unul cu altul : aspectul de punct geometric de intersectie al unui segment rosu cu unul negru si aspectul de punct de asamblare/concatenare a unei bucati de contur rosii cu alta neagra, cand este efectuata construirea/asamblarea conturului rezultatului operatiei, prin "lipire"/concatenare de bucati de contururi input (acest contur rezultat este bicolor ; si in el, portiunile rosii si cele negre alterneaza) .

O alta idee de baza, descoperita de noi in acest prim pas pentru extinderea fundamentului geometric pe care se bazeaza originalul G&H, a fost ceva complet elementar,

ceva ce noi nu am reusit sa gasim nicaieri mentionat in literatura de specialitate : exista 8 tipuri netriviale de "tentative de traversare", pe care pot sa le aiba un contur rosu si unul negru ne-autointersectante. Tentativele triviale sunt cele compuse dintr-un singur vertex de intersectie, cele netriviale sunt compuse din serii de cel putin 2 vertexuri de intersectie, succesive in listele de vertexuri (si cea "rosie" si cea "neagra") .

Pe baza acestor doua idei, am reusit formularea a 3 Reguli foarte simple, de selectare a punctului de asamblare/concatenare, dintre mai multii candidati posibili dintr-o serie de vertexuri succesive in listele rosie si neagra, toate vertexurile din serie fiind puncte de intersectie a contururilor input . Aceste 3 Reguli, permit tratarea precisa, determinista, a situatiilor de intersectie degenerata intre cele doua contururi input, atunci cand este folosita : informatie geometrica ce se refera la pozitia relativa a vertexului in cadrul seriei de vertexuri consecutive si a segmentelor orientate (sagetiilor) ce se intalnesc in vertexul unei serii rosii (a poligonului clipper, fixat pe toata durata operatiei); si cand este stiut statutul de localizare (*in*, *out* sau *on*) al acestora, relativ la poligonul input negru (poligonul decupat/subject, fixat pe toata durata operatiei de gasire a intersectiei celor 2 regiuni poligonale ale caror frontiere sunt de culoare rosie respectiv neagra) .

Am reusit , in continuare, un avans de loc neglijabil, in simplificarea fundamentului geometric extins, creat pentru abordarea algoritmica a situatiei de intersectii degenerate intre poligoane input ce au contururi ne-autointersectante . Anume am descoperit , ca daca renuntam la "principiul filozofic" urmat de catre noi pana acum, anume de asamblare a conturului bicolor al poligonului rezultat facand numarul minim necesar de concatenari, si adaugam niste concatenari noi , aparent ne-necesare (concatenari stabilite printr-o Regula aditionala, Regula 4) , simplificam baza algoritmului extinsa de noi la situatiile degenerate , putand-o reduce de la cele 4 Reguli date la o REGULA UNICA pentru clipper .

Aceasta nu este numai un castig in simplitatea si eleganta fundamentului geometric prezentat (pentru un algoritm de operatii cu poligoane) . Este si un castig in eficienta, deoarece de data aceasta , marcarea oricarui vertex de intersectie drept punct de concatenare (en sau ex conform cu originalul G&H) , nu mai are nevoie sa foloseasca informatie referitoare la alte vertexuri, din aceeasi "tentativa" de traversare a celui alt contur input, ca pana acum. Este suficient "tipul geometric" (*in,out, in,on* etc) al punctului/vertexului respectiv de intersectie a contururilor input . Cu alte cuvinte, este necesara numai informatie geometrica strict locala . Ce se refera adica numai la o vecinatate topologica "imediata", a perechii de vertexuri de eventual marcat, ambele corespunzand aceluasi punct de intersectie intre cele 2 contururi input, un vertex rosu si unul negru, ambele avand aceeasi pozitie in plan .

O imbunatatire in acelasi sens a situatiei existente referitoare la algoritmul Greiner si Hormann, anume darea unor reguli simple pentru marcarea corecta a punctelor de concatenare in situatiile cu intersectii degenerate , a fost incercata de 2 ori, fara succes, in 2012 , de catre Foster si Overfelt .

Cu aceasta simplificare a metodei noastre la o REGULA UNICA, valabila universal pentru clipper, oricare punct de intersectie este tratat foarte asemanator cu tratarea foarte simpla din originalul G&H (care insa, nu stia sa abordeze situatiile de intersectie degenerata a unor contururi input ne-autointersectante, lucru pe care abordarea noastra extinsa il stie) .

Pasul 2 in extinderea fundamentului geometric deja realizat, a fost facut pentru abordarea problemei mai complicate cand sunt permise contururi input autointersectante, dar nu sunt permise in cadrul lor, portiuni de autosuprapuneri (desi ca si in cazul primului pas, suprapuneri de portiuni de contur rosu si negru sunt permise) . Obiectul geometric nou, ce apare in aceasta noua situatie, este vertexul input bicolor multiplu (VM input bicolor), in

pasul precedent fiind considerate numai vertexuri bicolore simple (in care se intalnesc 2 trasee/fire, adica 4 segmente orientate/sageti : 2 rosii, ale caror capete sunt la rand in lista rosie de vertexuri si 2 negre, ale caror capete sunt la rand in lista neagra de vertexuri) .

Ca si la primul pas, o idee de baza, ce ne-a permis solutionarea problemei, extinse acum la contururi input autointersectante, a fost distingerea de catre noi, a unei diferente intre doua aspecte, care in originalul G&H, din cauza particularitatii situatiei considerate, nu erau observate ca separate, confundandu-se unul cu altul . In algoritmul clasic , in orice punct de intersectie nedegenerat, conturul input de o culoare data, isi schimba statutul de localizare fata de poligonul input de cealalta culoare, din strict interior in strict exterior sau invers ; aceasta ducand la stabilirea unor perechi vecine unice , de bucati/portiuni de contur rosu si negru, in procesul de construire/asamblare din acestea, a frontierei rezultat . Nu este posibil ca o bucata de culoare data, ce a fost selectata pentru a face parte din frontiera rezultat, sa fie concatenata la un capat al ei, cu o bucata selectata de cealalta culoare, alta decat vecina ei unica ; astfel fiecare bucata de o culoare, selectata pentru frontiera rezultat, are in firul bicolor al acesteia, o pereche unica de bucati vecine, de culoarea opusa (cate una pentru fiecare capat al ei) .

Cand sunt insa permise contururi input autointersectante, asamblarea posibila, a bucatilor vecine din frontiera rezultat bicolora, nu mai este unica . O bucata de o anumita culoare, poate avea in general, anume in vertexurile rezultat multiple (cele cu mai mult de 4 sageti, 2 rosii si 2 negre) , mai multe optiuni pentru vecinele de la capete, vecine de culoarea opusa . Sau poate avea o bucata sau mai multe vecine, de aceeaasi culoare .

O alta concluzie pe care am tras-o, este necesitatea extinderii statutului de localizare a unui contur fata de interiorul poligonului opus . Considerand acum 4 tipuri de "mana" ale conturului input : mana stanga, mana dreapta, doua maini sau nici una (aceste tipuri de mana au mai fost folosite inainte in domeniu, nu sunt o descoperire in premiera de catre noi) . De aceasta extindere ne-am putut eschiva la pasul 1, datorita particularitatii situatiei de acolo, a prezentei intr-un punct de intersectie a numai 2 fire/rute/trasee ce se intalnesc, trasee ce separa interiorul de exteriorul poligonului (un traseu format din 2 sageti rosii succesive, celalalt din 2 sageti negre succesive) . Mana unei portiuni de contur specifica "umplerea"/colorarea cu culoarea proprie, a regiunilor din plan separate de acea portiune (cele 2 regiuni de o parte si alta a conturului) ; prin conventie, regiunile de interior ale poligonului input de culoarea respectiva fiind umplute (filled) iar cele exterioare fiind neumplute/goale .

Am propus o metoda foarte simpla (ce foloseste scanarea circulara pe cercul trigonometric cu centrul in VM-ul input bicolor), pentru selectarea segmentelor orientate din componenta respectivului VM input , segmente ce vor face parte din conturul poligonului rezultat. Altfel spus, am dat o metoda de obtinere a VM-ului (in general bicolor) rezultat, din VM-ul bicolor input. Nu am gasit metoda noastra, mentionata nicaieri in literatura de specialitate . Cu aceasta metoda, sunt gasite vertexurile, simple sau multiple, ale conturului rezultat (ce pot fi monoculare sau bicolore) . Cele multiple, daca e sa fim rigurosi in limbaj (dar atunci exprimarea devine foarte greoaie), sunt de fapt seturi de vertexuri ce au aceeaasi pozitie geometrica, prezente in listele de vertexuri , rosie si neagra .

Pentru tratarea noilor vertexuri posibile, pentru conturul rezultat (si care nu erau permise la pasul 1), am extins conceptul de pereche unica de puncte de concatenare marcate (unul rosu si unul negru), folosit la pasul 1 (perechea de puncte, este marcata pentru concatenare , traditional in literatura de specialitate, cu en sau ex) . In cazul pasului 1, ca si in cazul originalului G&H, concatenarea consta intr-o oprire in cadrul listei de

vertexuri in care ne deplasam in momentul curent (fie rosie, fie neagra), oprire in urmatorul vertex marcat intalnit ; oprire urmata de saltul in cealalta lista (din rosu in negru sau invers), in vertexul ce e celalalt membru al perechii de concatenare (vertex ce are aceeasi pozitie geometrica in plan si care e legat/linked, de vertexul din prima lista, cea din care tocmai am venit/sarit) .

In situatia noastra de la pasul 2, vorbim de concatenare intr-un sens nou, generalizat, ea neinsemnand acum numai "lipire" a unei bucati continue/monobloc de contur/fir rosu cu o bucata continua/monobloc, de contur/fir negru . Acum este posibila si concatenarea/lipirea a doua bucati continue/monobloc de aceeasi culoare (bucati/fire ce au capetele in acelasi vertex rezultat) . Si acum, este in plus posibila si concatenarea a mai mult de 2 fire/trasee , in acelasi punct geometric .

Saltul direct intre liste, la pasul 1 al metodei noastre (si la fel in originalul G&H) , este inlocuit acum , in general, printr-un salt cu scala intermediara : un salt via asa numitul vertex multiplu (VM) rezultat redus (care este tot un concept introdus de noi si care se obtine din vertexul multiplu rezultat, eliminand din el, firele monoculare de trecere ; care adica nu au un capat , de inceput sau sfarsit , in acel vertex, ci doar il traverseaza) . VM-ul redus functioneaza ca un fel de macaz , multiplu , ce conecteaza , la o astfel de trecere prin macaz , trasee/fire de aceeasi culoare sau de culori opuse , ce au un capat acolo ; si care vor fi concatenate in acest mod (cel generalizat), cand nu poate fi realizata concatenarea prin metoda traditionala, ce foloseste perechea unica si saltul direct intre lista rosie si cea neagra .

Pentru orice vertex rezultat (numit de noi simplu) , ce implica numai aspectul vechi al concatenarii (un unic salt in punctul respectiv, salt sigur, precis, dintr-o lista de culoare in lista de cealalta sau de aceeasi culoare) , poate fi folosita in continuare metoda veche (cea cu ceva marcaj in genul en sau ex , al membrilor perechii unice de concatenare) . Pentru vertexurile rezultat ce implica aspectul nou al concatenarii , cel de salturi multiple in acelasi punct geometric (fie intre culori diferite fie pe aceeasi culoare) , este folosita metoda saltului indirect , cu scala in VM-ul rezultat redus.

In noua situatie, managementul asamblarii firului bicolor al frontierei rezultat se bazeaza pe tinerea evidentei, in fiecare VM rezultat redus, a traseelor/firelor disponibile inca; cele care nu au fost utilizate/parcurse pana in momentul curent, in procesul de asamblare (toate aceste VM-uri reduse fiind stranse la un loc, intr-o lista , asa numita lista redusa) .

Cand nu a mai ramas, in nici un VM redus vreun fir/traseu nefolosit din cele posibile , si toate contururile rezultat (ce obligatoriu trebuie sa fie inchise) au fost inchise , am terminat constructia frontierei poligonului rezultat (ea poate sa fie un singur contur inchis sau poate sa constea dintr-un set de mai multe astfel de contururi inchise , disjuncte ; care adica nu au vreun punct comun) .

Pasul 3 si ultimul al extinderii bazei geometrice pentru un algoritm de operatii booleene cu poligoane 2D , se bazeaza pe urmatoarea observatie : avem mereu posibilitatea formarii/trasarii unui nou contur inchis fara autosuprapuneri si de o singura mana (nu fixata pe tot parcursul conturului, fie stanga fie dreapta, ci putand fi stanga pe unele portiuni ale conturului si dreapta pe altele) , sau a unui set de contururi disjuncte inchise, fara autosuprapuneri si la fel de o singura mana , care sa cuprinda toata zona de interior a unui poligon input (dat initial in cel mai general fel, printr-un contur autointersectant si putand avea si portiuni de contur autosuprapuse) . Aceasta observatie este valabila pentru umplerea poligonului input prin oricare din cele 2 reguli de umplere (non-zero sau even-odd) .

Altfel spus, este in general recomandabila, credem, o preprocesare a contururilor input (anterioara operatiei boolene propriu-zise) ; rezultatul ei fiind pentru un poligon input,

o noua frontiera ce separa interiorul de exteriorul poligonului, frontiera ce nu mai are acum portiuni de autosuprapunere .

Obiectul matematic nou ce apare in acest context mai complicat , este manunchiul"/bundle (numele este dat de noi, nu e preluat din literatura), de fire monocolor (fire ce pot toate sa aiba acelasi sens sau nu) . In metoda data de noi la pasul 2, de selectare a traseelor/firelor/spitelor unui vertex rezultat dintre cele ale VM-ului input bicolor, vom trata noul obiect matematic, manunchiul de fire , in ce priveste mana sa rezultanta, ca si cum ar fi un fir unic . Vom permite asadar sa fie selectate , numai manunchiuri ce sunt de o singura mana rezultanta (stanga sau dreapta) iar pe cele de 2 maini sau nici una le vom ignora . Aceasta este o modificare a metodei folosite de Klaas Holwerda in programul propriu , ingenios, pentru operatii boolene cu poligoane 2D (din nefericire, Klaas Holwerda nu a publicat academic , metoda sa, el numai punand la dispozitie, pe internet , programul pe care l-a scris ; insotit de o documentatie, care daca ar fi fost mai detaliata si mai explicita in ce priveste ideile programului ar fi fost minunat) . In acel program, sunt permise in prima faza astfel de contururi , pentru a face in stadiul final, o curatire a lor. Noi le eliminam dintr-o faza timpurie, consecinta fiind ca frontiera rezultat obtinuta cu metoda noastra nu poate sa aiba, cum au poligoanele input , autosuprapuneri (manunchiuri) ; si nu poate sa aiba portiuni de contur de 2 maini sau nici una .

Aceasta pentru ca nu am acceptat pentru concursul de selectie al firelor/traseelor din care va fi construit conturul rezultat , decat fire sau submanunchiuri (rosii sau negre) , ce au o singura mana ; atunci toate bucatile (rosii sau negre) ale conturului rezultat , vor fi si ele de o singura mana. Conturul rezultat va fi gata curatat , din acest motiv, de portiuni irelevante pentru marginirea interiorului sau , precum bucati de 2 maini sau de nici una .

Este posibil (dar credem ca este mai complicat bine) sa permitem astfel de manunchiuri in poligoanele input (sa nu facem adica preprocesarea). Atunci, la asamblarea conturului rezultat, nu vom folosi tot submanunchiul (fie rosu fie negru) , cand acesta a fost selectat pentru a participa la asamblare. Nu va fi retinut decat un singur traseu/fir, indiferent care , din el .

Daca este vorba de un manunchi bicolor, vom respecta perspectiva mentionata, a "clipperului fixat", alegand mereu submanunchiul sau de culoare neagra drept "reprezentant" in conturul rezultat. Din acest submanunchi negru de o singura mana, vom alege mai departe, drept traseu de utilizat la constructia frontierei rezultat , unul din firele sale.

Se pare asadar ca sunt doua posibilitati :

- sau poligoanele input sunt preparate (preprocesate) anterior intrarii in operatie, trasandu-le un nou contur, fara autosuprapuneri , de o singura mana , ce cuprinde toata zona de interior a lor ; in acest caz , avem de aplicat mai departe, metoda de la pasul 2 .
- sau intram in operatie cu poligoanele input date de contururile initiale , ce au autosuprapuneri si atunci aplicam reteta descrisa mai sus ; in acest caz, managementul tuturor "obiectelor" cu care se lucreaza este considerabil mai complicat

Prin cele de mai sus, ne-am asigurat de incorporarea in metoda data la pasul 2 , a problemelor noi aparute, in contextul mai complicat al conturilor input autointersectante , ce pot avea si autosuprapuneri .

Ideile principale ale extinderii ce constituie pasul 1 descris mai sus, sunt prezentate intr-o lucrare de R.T. Popa, E.C . Mladin, E. Petrescu si T. Prisecaru [2.58].

O lucrare cu o formalizare in limbaj de programare (o implementare), bazata pe ideile prezentate aici , cat mai apropiata de spiritul originalului G&H, a fost elaborata de catre E. L. Foster, K. Hormann si R.T. Popa si urmeaza sa fie trimisa spre publicare [2.59].

Tabelul 2.4.1 Asamblarea tentativelor netriviiale ale clipperului si marcarea **en,ex** a lor

	Nr.	Capete ale tentativei		Tentativa	Extensie conector
		Primul vertex	Ultimul vertex		
Nume	1	<i>in, on_con</i>	<i>on_con, out</i>	<i>in,out on_con</i>	<i>on_con</i>
Simbol					
Marcaj		ex		ex	
Pozitie				primul vertex	
Nume	2	<i>in, on_opp</i>	<i>on_opp, out</i>	<i>in,out on_opp</i>	<i>on_opp</i>
Simbol					
Marcaj		ex		ex	
Pozitie				primul vertex	

Exemplificare in cazul a doua situatii degenerate, a regulii **en,ex** extinse, date de noi la pasul 1, pentru poligonul clipper (cu conturul colorat conventional mereu rosu).

Capitolul 3

Acest Capitol are mai multe calcule referitoare la performanta termica a vitrajelor, cand apare pe scena un accesoriu al lor aproape omniprezent : rama/tocul. Pentru munca prezentata aici, autorul a beneficiat de colaborarea importanta cu colega sa, dr. Ioana Udrea.

Toate calculele de simulare au fost facute utilizand programele WINDOW si THERM, ale Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL) din USA .

Au fost efectuate cu succes, calcule proprii ale parametrului energetic $U(W/m^2/K)$ pentru vitraje nemontate in toc/rama; de asemenea, pentru diverse cazuri de ansamblu toc & vitraj (ansamblu numit fereastră), nemontat in anvelopa inconjuratoare a cladirii (perete sau acoperis), cat si pentru situatia cand ansamblul este montat in anvelopa inconjuratoare a cladirii .

Succesul efectuării calculelor consta in obtinerea de catre noi, a unor rezultate apropiate sau foarte apropiate, de cele raportate de catre producatorii binecunoscuti de geamuri si tocuri, atunci cand nu am avut la dispozitie toata informatia despre materialele componente si o mica parte a trebuit sa o ghicim noi insine .

De exemplu, la calculul U_g al unui vitraj triplu cu geamuri produse de Saint Gobain Glass (SGG), noi am obtinut (in cadrul proiectarii Casei Pasive din campusul UPB), cu propriul calcul, valoarea $U_g = 0.608 W/m^2/K$ [3.28] , in timp ce valoarea comunicata de SGG, obtinuta prin calcul cu propriul program, a fost $U_g = 0.60 W/m^2/K$.

In ce priveste tocurile/ramele, am obtinut de exemplu, in conditiile in care nu am avut informatia absolut completa privind materialele componente, pentru modelul Alphaline 90, un toc performant din PVC produs de Veka, $U_f = 1.12 W/m^2/K$ [3.42] ; valoarea raportata de firma producatoare la o Conferinta din 2007 in Bucuresti, fiind $U_f = 1.1 W/m^2/K$ [3.23] .

Pentru tocul din aluminiu CS 86, produs de Reynaers, la fel un toc performant in clasa lui, am obtinut, in conditiile in care nu am avut informatia absolut completa privind

materialele componente, $U_f = 1.68 \text{ W/m}^2/\text{K}$ [3.42, 3.43] ; intr-un material ce prezinta o simulare a firmei producatoare (material pus noua la dispozitie, in Romania, de catre firma care vinde produsele Reynaers), este data valoarea $U_f = 1.78 \text{ W/m}^2/\text{K}$.

Pentru tocul Geneo MD produs de Rehau (cu care noi am facut calcule in cadrul proiectarii Casei Pasive din campusul UPB), un toc din PVC foarte performant, acreditat drept toc pentru ferestre de passivhaus de catre Passivhaus Institut din Darmstadt (PHI), valoarea intr-un certificat emis de IFT Rosenheim GmbH, a carui copie ne-a fost pusa la dispozitie de catre firma Rehau din Romania, este $U_f = 0.85 \text{ W/m}^2/\text{K}$. Noi am obtinut, in conditiile in care nu am avut o informatie absolut completa privind materialele componente, $U_f = 0.83 \text{ W/m}^2/\text{K}$ [3.28] .

Un lucru se pare foarte putin cunoscut, printre proiectantii de cladiri din Romania, este afectarea negativa puternica a performantelor energetice ale ferestrei nemontate, la montarea ei in anvelopa inconjuratoare (perete sau acoperis), prin asa numita punte termica creata. Am efectuat numeroase calcule proprii ale acestui efect de punte termica la montarea ferestrei in perete sau acoperis [3.42, 3.43] , pentru ferestre cu toc de PVC sau aluminiu (tocurile folosite in simulari au fost de fapt niste tocuri cu structura simplificata, ce sunt aproximativ echivalente termic, tocurilor reale deja mentionate, Alphaline 90 si CS-86). Aceste calcule au fost incluse in Anexa K, data pentru completarea normativului romanesc in constructii C-107/3, de catre (la acea data) Ministerul Dezvoltarii Regionale si Turismului (MDRT), prin ordinul nr. 1590/24.08.2012 [3.39] .

Referitor la tocurile echivalente termic, mentionate, ele au fost folosite ca substitut al tocurilor reale, pentru usurarea numeroaselor calcule facute (care altfel ar fi fost extrem de laborioase si imposibil de realizat in timpul avut la dispozitie; aceasta este o problema normala cu tehnologia actuala de calcul ; si stiuta, in situatiile cu numeroase astfel de calcule, cum a fost cazul nostru, al alcatuirii unui Catalog de puncti termice pentru cladiri) .

Metoda substituirii tocului real prin unul drastic simplificat, a fost inventata de noi cu acea ocazie; si se bazeaza pe inlocuirea structurii geometrice interne fine a tocului, cu o umplutura uniforma dintr-un unic material. Conditia de echivalare termica intre tocul real si cel simplificat, fara structura interna, reflecta in general, egalitatea fluxului termic prin banda de la marginea vitrajului ce include si tocul . Din aceasta conditie de echivalare termica este obtinuta conductivitatea termica a materialului de umplutura .

Noi am obtinut pentru aceasta marime, valoarea $\lambda^{\text{echiv_PVC}} = 0.13 \text{ W/m/K}$ pentru materialul omogen de umplutura al tocului echivalent termic al Alphaline 90 si $\lambda^{\text{Al}_2 \text{ echiv}} = 0.19 \text{ W/m/K}$ pentru materialul omogen de umplutura al tocului echivalent termic al CS-86 [3.42, 3.43] .

Am obtinut si rezultatul, ce se aliniaza cu ce ne-am astepta intuitiv in fenomenul respectiv, ca substituirea tocului real prin cel echivalent termic (echivalent nu perfect ci aproximativ) , in cadrul calculului efectului de punte termica dat de montarea ferestrei in perete/acoperis , functioneaza cu atat mai bine cu cat peretele/acoperisul este mai neizolat termic . Cu cat peretele este mai consistent izolat, cu atat substitutul incepe sa se indeparteze din ce in ce mai tare in rezultate, de tocul real . Acest lucru nu este surprinzator, caci este stiut ca pentru proiectarea de passivhaus, care au o anvelopa cu izolatie termica masiva, calculul efectului de punte termica mentionat (asa numitul ψ_{montaj}) , este facut in modul cel mai laborios posibil, simuland detaliul de montaj cu tocul real .

Aceasta metoda de substituire data de noi, impreuna cu rezultatele descrise mai sus, sunt lucruri pe care noi nu le-am gasit mentionate in literatura de specialitate .

La finalul Capitolului 3, am obtinut un rezultat interesant, despre eficienta energetica

a unui alt accesoriu al vitrajului, oblonul exterior izolator termic. Intrucat in Romania, un astfel de accesoriu este extrem de rar la cladirile construite azi (desi in tari civilizate, in special cele germanice, din Europa, situatia nu este de loc aceeași), ne-am propus sa calculam ceva ce dupa cunostinta noastra este un rezultat nou : bilantul energetic al unei ferestre spre Sud, din Bucuresti, prevazuta pe timpul noptii, cu sau cu un oblon simplu din lemn de 1 cm grosime sau cu oblon care in afara de stratul de lemn mentionat are si izolatie consistenta, groasa de 3 cm . Este clar ca la asa o grosime a izolatiei, oblonul nu poate fi unul din lamele, ce se pot strange prin rulare intr-o caseta, ci el trebuie sa fie un oblon monobloc/panou, ca obloanele buncii, care insa erau obloane simple din lemn, fara izolatie termica in ele (un astfel de oblon panou poate fi inchis/deschis in fata si in afara vitrajului, de exemplu ca urmare a montarii lui in balamale sau a glisarii lui, intr-un plan paralel cu vitrajul, pe ceva sine de ghidaj) .

Calculul facut, a fost deliberat un bilant dupa o metoda foarte simpla , pentru a scoate in prim plan rolul comportamentului termic al celor 4 variante de fereastră (2 cu vitraje "rosii" si 2 cu "verzi" , adica pierderi termice mici noaptea) considerate . Coeficientul de transfer termic in cele 4 cazuri pentru fereastră nemontata (cu sau fara oblon), $U_{w,uninstalled}$ ($W/m^2/K$), a fost calculat in detaliu, folosind aceleasi programe, THERM si WINDOW ale LBNL .

In calcul, situatia mediului exterior a fost considerata stationara in fiecare luna . Si fiecare din cele 6 luni din perioada rece a anului (octombrie la martie inclusiv), a fost caracterizata de temperatura medie lunara si intensitatea totala a radiatiei solare pe o suprafata verticala orientata spre Sud, la fel medie lunara, ambele pentru Bucuresti .

Cele 4 variante de fereastră, toate cu acelasi toc cu buna performanta termica (Alphaline 90) dar avand 4 vitraje diferite, au fost alese ca niste "extreme de interval", astfel incat sa acoperim un domeniu de variatie destul de larg al pierderilor lor de caldura si al aporturilor solare prin ele : de la extrema pierderi si aporturi relativ mari la extrema pierderi si aporturi relativ mici.

Au fost facute calcule pentru 2 ferestre "rosii", avand fiecare un vitraj relativ slab in ce priveste U_g -ul propriu dar cu transmisivitate solara mare (ce da deci aporturi solare relativ mari prin fereastră, in timpul zilei) si pentru 2 ferestre "verzi", avand fiecare un vitraj bun in ce priveste U_g -ul propriu (ceea ce face ca pierderile de caldura prin fereastră sa fie considerabil mai mici fata de prima pereche de vitraje) dar cu o transmisivitate solara mai mica decat prima pereche de vitraje (deci aporturi solare mai mici).

Strategia (ideala), presupusa pentru manevrarea obloanelor a fost : oblon complet inchis (tras in fata ferestrei) pe toata perioada noptii si complet deschis pe toata perioada zilei lumina.

Pentru comparatie, au fost considerate in afara cazului celor 4 ferestre cu oblon cu izolatie termica consistenta (2 cu vitraje "rosii" si 2 cu "verzi"), alte 2 cazuri pe timpul noptii : cazul celor 4 ferestre cu oblon simplu de lemn (fara izolatie termica) si cazul celor 4 ferestre goale/simple pe timpul noptii (fara oblon). Pe timpul zilei, toate cele 3 cazuri au fereastră simpla, fara oblon tras in fata ei .

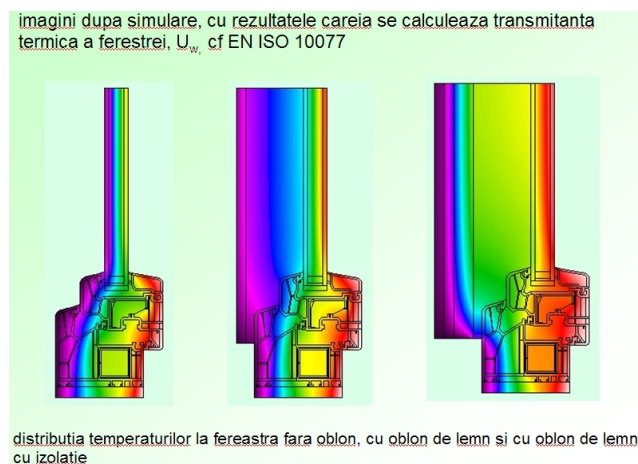
De asemenea, a fost inclusa in calculul pierderilor de caldura prin fereastră (cu sau fara oblon), corectia importanta a punctii termice de montaj a ferestrei in perete, folosind asa numitul ψ_{montaj} . Valoarea acestei marimi a fost aleasa, astfel incat cu ea, bilantul energetic al ferestrei sa fie aproximativ zero, si in cele mai nefavorabile luni ale anului (acestea sunt decembrie si ianuarie) . Ulterior, am examinat aceasta valoare de ψ_{montaj} introdusa in calcul, comparand-o cu valori de ψ_{montaj} pentru diverse situatii obisnuite in

practica (valori date in Catalogul de puncti termice mentionat) , pentru a aprecia daca ea este realista, daca este posibil de atins in practica .

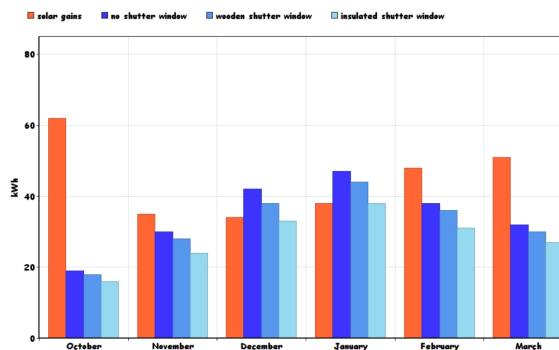
Concluzia pe scurt (pe care nu am gasit-o mentionata in literatura de specialitate din domeniu), a calculului efectuat de catre noi, este urmatoarea: cum intervalul dintre cele doua cazuri "extreme" mentionate mai sus (fereastra "rosie" si fereastra "verde") , acopera in mare, o gama destul de larga de vitraje posibile , se poate spune ca strategia la noi, de proiectare a anvelopei cladirilor, ce prevede pentru ferestrele orientate spre Sud , obloane exterioare suficient de izolante termic (care sa fie trase pe timpul noptii si complet ridicate pe timpul zilei solare) , este eficienta din punct de vedere energetic .

Aceasta eficienta, poate fi la nivelul ca in Bucuresti, o astfel de fereastra, daca ea are acces solar total (e complet neumbrita), un toc performant si o buna calitate a proiectarii si executiei detaliului de montaj al ei in perete, **nu pierde energie (ca bilant lunar), nici in cea mai nefavorabila luna a sezonului rece** . Rezultatele calculului pentru prima pereche ("rosu" si "verde") de vitraje, au fost prezentate la Conferinta SPERIN 2013 [3.33] ; Cele pentru a doua pereche de vitraje (vitrajul "verde" al acestei perechi este cel cu care s-a experimentat in Capitolul 5), au fost prezentate la Conferinta Internationala TE-RE-RD 2017 [3.44] .

Mentionam si rezultatele prezentate in Anexa 3.2 , ale calculului referitor la corectiile de punte termica pentru partea opaca a anvelopei cladirii , obtinute de noi in cadrul proiectarii Casei Pasive din campusul Universitatii POLITEHNICA Bucuresti [3.28] . Acest calcul a fost trimis la Passivhaus Institut din Darmstadt [3.31] , unde ele au fost verificate si aprobate . O parte din aceste rezultate au fost prezentate la Conferinta Internationala CIEM 2017 , tinuta la Bucuresti [3.54] .



Rezultatele simularii in programul THERM al LBNL, sus . Transmitantele rezultate pentru cele 3 situatii au fost folosite la calculul bilantului energetic lunar al ferestrei, ilustrat mai jos.



Capitolul 4

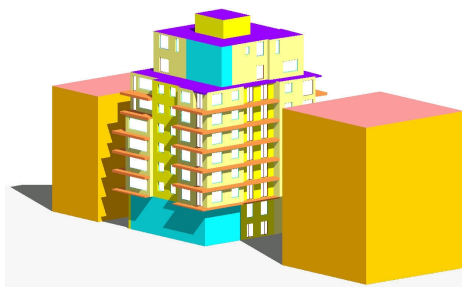
In acest capitolul, am efectuat, , in prima sa parte, o analiza foarte succinta a unui dispozitiv de umbrire deosebit de simplu si popular, copertina ; pentru o situatie clasica de montare a ei, o fatada de cladire orientata spre Sud, in Bucuresti. Am beneficiat din nou, si in munca pentru acest capitol, de colaborare cu dr. ing. Ioana Udrea .

Partea a doua de calcul a acestui capitol, mai consistenta, este o simulare energetica dinamica (orara) pentru o cladire din Bucuresti , bine izolata termic , de 13 nivele (3 fiind subterane si folosite drept parcare auto). Cladirea e cu regim mixt de ocupare (primele 2 nivele sunt birouri si restul de 8 sunt apartamente locuite). Aspectul urmarit, pe parcursul unei serii de 11 zile de vara consecutive, a fost efectul asupra necesarului de racire al unor jaluzele exterioare din material continuu (nu din lamele), cu o opacitate la radiatia solara relativ ridicata, care au fost considerate tot timpul trase pe durata zilei . Simularea a fost facuta in programul TAS al EDSL , in perioada de incercare gratis (free trial) a acestuia, oferita de firma producatoare .

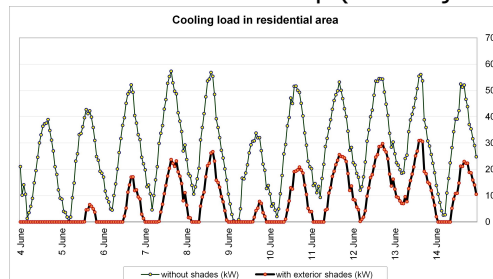
Rezultatele sunt, cum ne asteptam , clar pozitive : aporturile solare in cladire scad puternic si necesarul de racire scade si el , desi nu in acelasi raport foarte spectaculos (insa destul de mare si el) . Posibilitatea folosirii unei instalatii de racire de capacitate mai mica este foarte evidenta .

Este facuta sugestia introducerii pe viitor a obligativitatii unui astfel de calcul in faza de proiectare a cladirii : care sa testeze eficienta unor dispozitive de umbrire exterioare . Deoarece ele sunt in general foarte eficiente, foarte versatile (putand fi montate in aproape orice situatie) si nu necesita o investitie mare . Considerarea lor trebuie insa facuta in faza de proiectare, caci montarea lor dupa terminarea cladirii, in afara faptului ca reduce din flexibilitatea optiunilor posibile initial si in unele cazuri este o problema estetica , poate, in nu putine cazuri, sa duca la compromiterea integritatii anvelopei cladirii, atat a functiei ei structurale cat si a altora (precum cea de bariera termica sau hidro) .

Rezultate ale aceste parti a Capitolului 4 au fost prezentate la Conferinta Internationala CIEM 2017, tinuta la Bucuresti [4.37] .



Cladirea simulata in centru si necesarul de racire (Fig. 4.....) rezultat pentru zona rezidentiala (exclus parterul si etajul 1) care e conditionata non-stop (rosu cu jaluzele, negru fara)



Capitolul 5

Concluzia obtinuta de noi pentru partea experimentală a Tezei, de care se ocupa acest ultim Capitol, recomanda clar, pentru proiectarea de cladiri din climatul Bucurestiului si al Romaniei in general, utilizarea de obloane exterioare cu izolatie consistenta, care pot fi inchise pe timpul noptilor reci .

Rezultatele obtinute de noi cu o instalatie experimentală proprie, "diferentială", au aratat, pentru un vitraj dublu performant cu o foaie low_e si amestec Argon 90% & Aer 10%, avand U_g calculat de producatorul geamurilor (Saint Gobain Glass) de $1.1 \text{ W/m}^2/\text{K}$, o reducere cu cel putin 30% a pierderilor termice pe timpul noptii prin vitraj, daca in fata lui este plasat un oblon gen panou, cu izolatie (EPS) groasa de 3 cm .

Pentru vitrajul triplu performant testat de noi, cu 2 foi low_e si cele 2 cavitati dintre foile de geam umplute cu acelasi amestec Argon & Aer, avand un coeficient U_g de passivhaus, valoarea calculata de producatorul geamurilor (Saint Gobain Glass) fiind de $0.6 \text{ W/m}^2/\text{K}$, am gasit ca nu este recomandabil un astfel de oblon panou cu izolatie consistenta ; reducerea pierderilor data de el fiind prea mica (pentru a justifica folosirea unei izolatii groase sau foarte groase in panou) .

Insa in general, intr-o astfel de situatie de vitraj cu U_g excelent, un oblon exterior simplu, obisnuit, fara izolatie, nu neaparat de genul panou ci de exemplu rulabil in caseta, este desigur recomandabil sa fie instalat pentru confortul ocupantilor; el marind rezistenta termica la transferul caldurii prin filmul superficial de aer de la fata exterioara a vitrajului (in special in noptile cu vant puternic) si imbunatatind in acest fel, intrucatva, temperatura fetei exterioare si a celei interioare a acestuia .

Instalatia experimentală folosita, de concepie proprie (in lipsa uneia mai sofisticate dar mai scumpe, ce sa permita controlul riguros al temperaturii mediilor interior si exterior vitrajului testat), constand in doua cutii/incinte paralelipipedice identice, din OSB izolat la exterior cu EPS gros de 10 cm si avand o singura fata vitrata (de 45cm x 45cm), cutii plasate in mediul exterior natural, are o rezolutie insuficienta sa o califice pentru masuratori exacte ale performantelor diverselor vitraje sau obloane ; insa diferenta dintre cazurile testate de noi (vitrajul triplu cu si fara oblon si vitrajul dublu cu si fara oblon), a fost evidentiata foarte clar, datele experimentale obtinute dand in mod net, concluzia formulata . Instalatia este relativ usor de construit si nu este costisitoare, inasa plasarea ei in mediul exterior natural face ca masuratorile de calitate rezonabila, sa fie disponibile in nopti relativ temperate ca regim termic, de primavara sau toamna, foarte linistite din punct de vedere meteo (fara ploaie si fara vant) .



Cele 2 cutii experimentale (cu si fara oblonul exterior din izolatie) pe terasa Departamentului de Termotehnica a Facultatii de Inginerie Mecanica si Mecatronica (sus)

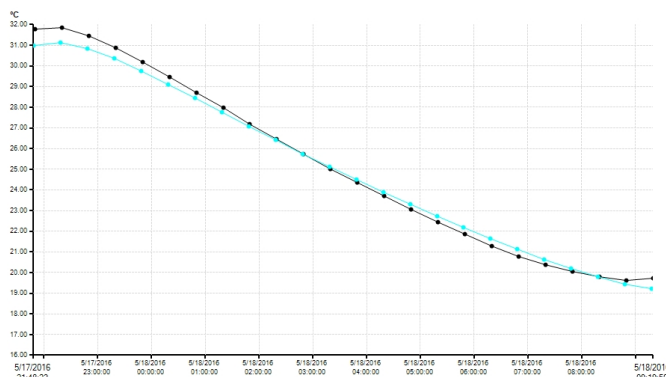


Fig. 5.2.2.18 Exemplu de inregistrare a temperaturilor in cele 2 cutii (noaptea 17-18 mai 2016); din panta carora este estimat fluxul de caldura mediu prin anvelopa cutiei respective (negru, cutia fara oblon, cyan cutia cu oblon din izolatie)

Bibliografie selectiva

- 2.58 R.T. Popa, E.C. Mladin, E. Petrescu, T. Prisecaru, A simple en,ex marking rule for degenerate intersection points in 2D polygon clipping,
descarcabila la <https://arxiv.org/abs/1709.00184>
- 2.59 E.L. Foster, K. Hormann & R.T. Popa, urmeaza sa fie trimisa spre publicare
- 3.28 Contract UAUIM nr. 23/2008 al Proiectului "Case pasive adaptate conditiilor climatice din Romania" din cadrul Programul National de cercetare-inovare PN II 2008, proiect cofinantat de MEC, coordonator si Cofinantator SC ISPE SA cu parteneri : UPB, UAUIM Buc, UTCB, ICPE (cofinantator), AOSR, AGEKOM Baia Mare (cofinantator)
- 3.39 Anexa K la Ordinul 1590/24.08.12 pt modificarea C 107/3, Catalog cu puncti termice specifice cladirilor
- 3.42 Studiu preliminar echivalare toc in cadrul Contractului UAUIM cu MDRT , 2010 , pentru elaborarea unui Catalog Puncti Termice pentru Cladiri, Anexa a normativului C 107/3
- 3.43 Georgescu M.S., Udrea I., Popa R. & Andone R., Testare exploratorie a inlocuirii in detaliile de montaj fereastră a unui toc real din PVC cu un toc fara structura interioara, echivalent, Conferinta Nationala a Asociatiei Auditorilor Energetici pentru Cladiri, Craiova 2012

- 3.54 Ioana Udrea, Romeo Traian Popa, Emilia-Cerna Mladin, Mihaela-Stela Georgescu, Cristina Victoria Ochinciuc, Thermal bridges evaluation for a Passive House building in Romanian Southern climate, 2017 International Conference on ENERGY and ENVIRONMENT (CIEM), Bucharest, 19-20 Oct. 2017, Publication Year 2017, Page(s):456 - 459, descarcabila la <http://ieeexplore.ieee.org/document/8120822/>
- 4.37 Ioana Udrea, Romeo Traian Popa, Exterior shades energy efficiency for a mixt, office-residential building in Bucharest, 2017 International Conference on ENERGY and ENVIRONMENT (CIEM), Bucharest, 19-20 Oct. 2017, descarcabila la <http://ieeexplore.ieee.org/document/8120823/>