

GRADBENIŠTVO

POMOČ METEOROLOGIJE PRI OPTIMIZACIJI NAČRTOVANJA ZGRADB IN GRADNJE

Zdravko PETKOVŠEK
Katedra za meteorologijo FNT, Ljubljana

551.5:69:711.1

POVZETEK

Za sodobno in optimizirano delo v gradbeništvu je potreben ustrezen model planiranja. Tak model je kompleksen in dober le, če vključuje na eni strani visoko stopnjo gradbenega razvoja (uporabo zelo različnih materialov, sodoben računalniški način planiranja, gradbenih metod, postopkov itd.), na drugi strani pa ustrezne meteorološke in klimatske faktorje tistega področja.

Naj navedemo nekaj primerov:

Vremenski faktorji vplivajo npr. na izbiro orientacije ulic in zgradb, na nagib, vrsto in barvo streh, na velikost oken, na izvajanje posameznih gradbenih del itd. Z upoštevanjem tega je mogoče prihraniti precej sredstev.

UVOD

Znano je, da je gradbeniška dejavnost močno povezana z vremenom in klimo in zato z meteorologijo. Uspešnost sodelovanja pa zavisi v veliki meri od sposobnosti sporazumevanja strokovnjakov obeh vrst. V mnogih primerih se obe dejavnosti tako prepletata, da ni mogoče postavljati splošnih pravil in vsega seveda v enem članku tudi ni mogoče zajeti. Omejimo se zato predvsem na stavbe za bivanje, ki jih je največ in so glede na meteorološke pogoje večinoma najzahtevnejše.

Zaporedje operacij v sistemu, ki nas zanima, je planiranje, izgradnja in bivanje. Pri tem pa bomo predvideli tudi način bivanja in ga vključili v načrtovanje stavbe. Tako lahko ločimo dve veliki skupini: planiranje in izgradnjo.

Vse širše poznavanje potreb, materialov in zunanjih pogojev omogoča vedno boljše gradbene rešitve; vprašanje pa je, če jih res daje. Če samo velika in iz dneva v dan večja izbira najrazličnejših gradbenih materialov omogoča, da bi lahko bile zgradbe vedno cenejše in boljše. Toda prav neupoštevanje vseh lastnosti teh novih materialov, še bolj pa glede nanje neupoštevanje klimatskih razmer na lokaciji, vodi do vse pogostejših in večjih napak.

Če nas ne zanima cena, je danes tehnično možno izdelati zgradbe s skoraj poljubnimi lastnostmi in zelenimi notranjimi klimatskimi in drugimi pogoji. Toda nagel porast prebivalstva, naraščajoče potrebe po energiji in zahteve po sploš-

nem dvigu standarda terjajo, da se dosejajo ugodni notranji pogoji čim ceneje, s čim manjšo potrebo po energiji in z nizkimi stroški vzdrževanja. To je bila ena važnih misli, ki je prevejala že štokholmski simpozij CIB (Mednarodni svet za gradbene raziskave in dokumentacijo) leta 1972 in je prevladovala tudi na simpoziju "Klima in bivalno okolje" letos septembra v Zürichu. Sprejeto je bilo mnenje, da so klimatske naprave v zmernih širinah nepotrebne (razen v bolnišnicah in drugih posebnih zgradbah). Vendar ta resnica še ni našla poti med množice arhitektov in tudi porabnikov, zato si mnogi arhitekti ne upajo graditi brez njih.

Dobri planerji in arhitekti pa niso več tisti, ki v vsako ropotarnico napeljejo klimatske naprave, ampak tisti, ki vsestransko presodijo potrebe in možnosti ter maksimalno izkoristijo lastnosti razpoložljivih materialov, orientacijo in dimenzije zgradbe ter vse zunanje pogoje, tako da dosežejo primerne notranje razmere ob minimalnih stroških za zgradbo in nadaljnje vzdrževanje oziroma uporabo.

To pa seveda ni lahka naloga prav zato, ker število parametrov, ki jih je treba upoštevati, tako hitro narašča. Tu izvzamemo dolgo vrsto najrazličnejših materialov in si bomo nekoliko natančneje ogledali le notranje in zunanje pogoje ter smiselno povezavo med njimi. Parcialnih spoznanj o tem je že brez števila, saj obstajajo o njih debele knjige in v strokovnih revijah na stotine člankov. Zato si bomo ogledali tu le smernice in nekaj novejših in zanimivih primerov in spoznanj. Predvsem pa je potrebno, da opozorimo na specifičnost naših razmer, da bi lahko ob upoštevanju naših zunanjih vremenskih in klimatskih pogojev čim boljše in čim ceneje gradili in živeli.

PLANIRANJE ZGRADBE

Pri procesu planiranja stavbe moramo najprej upoštevati njen namen, velikost, funkcionalnost itd., nato pa tudi zelene bodoče notranje pogoje. Ti nam ob upoštevanju zunanjih odločajo o potrebnih lastnostih, ki naj bi jih imela bodoča stavba. Elementi in parametri vseh treh skupin se stalno prepletajo, zato je pregledno, če jih podamo skupaj, kot je to prikazano na sliki 1.

Notranji pogoji

Notranji pogoji morajo biti predvideni v skladu z namenom stavbe, aktivnostjo v njej in načinom uporabe. Pri tem zadnji dve postavki že sami tudi vplivata na notranje pogoje in njihovo odvisnost od zunanjih in s tem na potrebne lastnosti stavbe. Tudi posamezni elementi notranjih pogojev se stalno prepletajo, saj npr. temperatura vpliva na vlago in gibanje zraka, svetloba na temperaturo itd. Toda že sama določitev posameznih notranjih elementov in območje njihovih sprememb ni preprosta zadeva, četudi zanemarimo ekonomske faktorje.

Želena poprečna temperatura bivalnih prostorov se je v zadnjih desetletjih dvignila od 20° na 22 ali celo 24°C. Pri tem pa ni važna le temperatura zraka,

ampak tudi temperatura sten, tal in stropa, kar nekateri združujejo v "okoljsko temperaturo", ki je sestavljena iz temperature zraka in sevalne temperature neposredne okolice /1/. Skupaj z ventilacijo in vlago je določena tako imenovana efektivna temperatura idr. Važna za primerno počutje pa ni le poprečna notranja temperatura, ampak tudi njena nihanja. Ta ne smejo biti prevelika, a tudi premajhna ne. Ugotovljeno je, da stalno enaki notranji pogoji delujejo uspavajoče ali sicer neugodno na razne fiziološke funkcije, zlasti pa na slabšo sposobnost dela. Slika 2, ki prikazuje del povezave zunanjih in notranjih temperaturnih pogojev, je shematična, saj so dejanske vrednosti odvisne od zelo številnih faktorjev zunanjih pogojev in lastnosti materialov /2/.

Dosegati primerne notranje temperaturne pogoje je v splošnem mnogo lažje in ceneje v hladnem kot v pretoplem podnebjju. Ohlajevanje prostorov npr. za 1° je v poprečju pet- do osemkrat dražje kot ogrevanje za enako vrednost /1/. Res je temperatura še vedno eden najvažnejših elementov notranje klime, vendar je o njej že mnogo znanega in povedanega. Naj zato tu omenim le dejstvo, da je toplejši zrak lažji in da se v sorazmerno mirnem zraku notranjih prostorov često pojavljajo zelo močni vertikalni temperaturni gradienti ter je zrak pri tleh za 20° ali celo več hladnejši od tistega, ki je dobra dva metra višje oziroma pod stropom. To pri planiranju toplotne bilance prostorov, zlasti glede na otroke, pogosto premalo upoštevamo, čeprav obstajajo starejše pa tudi najnovejše študije in modeli o toplotni izmenjavi med človekom in njegovo okolico /2/.

Pri določevanju notranjih temperatur je potrebno upoštevati tudi znotraj nastalo toploto, saj včasih že samo ta zadostuje za dosego primernih notranjih pogojev, kljub nizkim zunanjim vrednostim. To potrjuje poskus s šolo v Liverpoolu, kjer so zunanje zimske temperature pod 4°C, a šola sploh nima naprav za ogrevanje. Zadostuje ji toplota, ki jo dajejo učenci in njihova dejavnost ter razsvetljava. Seveda je stavba zelo dobro izolirana in ima posebna okna; izvajajo pa tudi predpisan način prezračevanja: pozimi zračijo le opoldne ob najvišjih zunanjih temperaturah, poleti pa izdatno in predvsem ponoči in zjutraj. Le v zimskih počitnicah je temperatura v tej šoli padla pod 18°C. Pri nas je pozimi hladneje in v vseh stavbah tudi ni tako živahne aktivnosti, toda da bi se dalo veliko kurjave prihraniti, ni dvoma. S tako maksimalno izrabo zunanjih pogojev bi se prihranilo na energiji, zmanjšalo bi se onesnaževanje zraka in znižali bi se stroški bivanja.

Strokovnjaki za ogrevanje navadno mnogo premalo upoštevajo naravne zakonitosti cirkulacije vode v ogrevalnih napravah ter vplive strehe in tal ter načrtujejo enako velikost radiatorjev v višjih nadstropjih kot v pritličjih. Posledica tega je, da je zgornjim prevroče, spodnjim pa premraz, o čemer imamo podatke tudi pri nas /3/.

Parni pritisk je v bivalnih prostorih vedno večji (do 10 mb) in nikoli manjši kot zunaj. Zato vlaga oziroma vodna para vedno odteka navzven in to seveda tudi tedaj, ko je relativna vlaga znotraj trikrat nižja od zunanje. Tudi o vlagi je bilo že mnogo napisanega. Na tem mestu naj poudarimo le še to, da je ovlaževanje presuhih ogrevanih prostorov drag poseg, ne glede na to, na kakšen na-

čin zrak ovlažujemo. Za vsak gram izhlapele vode namreč potrebujemo okoli 600 cal, ki jih porabi ovlaževalec, ali pa moramo ustrezno pojačati ogrevanje, če ovlažujemo s prostim izhlapevanjem iz posod ali rastlin. Pri tem majhne posode nič ne pomenijo in nič ne koristijo /4/. Pojačanje in s tem stroški ogrevanja pa se ob potrebnem ovlaževanju lahko povečajo za tretjino. Posebna izolacija proti uhajanju vlage skozi stene je cenena in zato mnogokrat izplačana investicija.

Da se ne bi predolgo zadrževali pri notranjih pogojih, ki pa jih moramo poznati, če jih hočemo uspešno s pomočjo meteorologije ustvarjati iz zunanjih, si le na kratko oglejmo še druge elemente s slike 1. Svetlobe mora biti dovolj, vendar zaradi nje z velikostjo oken ni treba pretiravati, ker je svetlobo preprosto in ceneno dopolniti. Isto velja tudi za potrebno gibanje zraka v prostorih, ki naj bo šibko: 0,1 do 0,3 m/s. Hrup je važen, čeprav ne meteorološki element; čistost oziroma onesnaženje zraka pa bo obravnavano drugje. Kisika je ob primerni ventilaciji dovolj in tudi ionizacija zraka je tedaj ustrezna, a je posebej pomembna le za težje bolnike.

Važnejši, čeprav premalo raziskani so vplivi elektrostatičnih polj in elektromagnetnih valov. Znano je, da leži prav v teh najmočnejši učinek vremena na počutje in psihično ravnovesje ljudi ter so to najvažnejši meteorotropni elementi; vemo pa tudi, da jih mnoge moderne konstrukcije oz. materiali uničujejo, ustvarjajo ali spreminjajo, toda kako in s kakšnim učinkom na ljudi, je pre malo znano. Ugotovljeno pa je bilo, da se imunost ljudi proti nekaterim boleznim v elektromagnetnih poljih poveča /1/.

Ne nazadnje so v notranjih prostorih oziroma v okviru notranjih pogojev važni estetski učinki in drugi na stavbo vezani psihološki faktorji. Tak je npr. občutek varnosti, ki je zlasti pomemben ob neugodnih ali ekstremnih vremenskih pogojih (nevihte, viharji itd.). S tega vidika je pomembna celo oblika prostorov, saj so poskusi pokazali, da je človekov občutek varnosti v krožnem ali celo kroglastem prostoru večji. Vse take detajle in drobne posebnosti pri gradnji vsakdanjih stanovanjskih in delovnih prostorov seveda ne bomo mogli dosledno upoštevati, ker bi gradnjo preveč podražili. Prav pa je, da vemo zanje in da jih upoštevamo tam, kjer je to potrebno ali kjer jih lahko dosežemo s sorazmerno majhnimi stroški. Videli pa smo, da je večina teh faktorjev direktno ali posredno povezanih z vremenskimi elementi in pojavi, ki jih je za primerne oz. optimalne rešitve treba poznati.

Zunanji pogoji

Glavni del zunanjih pogojev nedvomno predstavljajo vremenski in klimatski elementi ter njihove kombinacije. Vseh teh je veliko in preveč, da bi jih bilo mogoče preprosto upoštevati. Vseh čisto niti ne poznamo dovolj natančno, vendar je navadno glavni problem ugotoviti, katere in kako upoštevati /5/.

Na sliki 1 so podani tudi najvažnejši zunanji elementi in za temperaturo je kot primer podanih nekaj njenih karakteristik oziroma parametrov. Že pri tem spoznamo, da je treba iz brezštevilne množice temperaturnih podatkov, ki so jih v nekem kraju izmerili skozi desetletja, izvesti ustrezne parametre, tako da z maloštevilnimi od njih mnogo in bistveno povemo. Kaj je bistveno, pa zavisi tako od zahtevanih notranjih pogojev, kot od lastnosti stavbe in prevladujočih ali pomembnih zunanjih razmer. Tako se lahko vrtimo v začaranem krogu, toda če ravnamo premišljeno, smo po vsakem krogu bliže cilju, to je, bliže najboljši rešitvi. Tudi primer sodelovanja, ki ga bomo spoznali pozneje, poteka na podoben način iteracije.

Daleč bi presegli okvir tega pregleda, če bi hoteli podrobneje obravnavati vse pomembne zunanje pogoje, zato naj opozorimo le na nekatere zanimivosti in novejša spoznanja. Pri načrtovanju je treba upoštevati, da se bodo zunanji pogoji prav s to stavbo in ureditvijo prostora okrog nje lahko precej spremenili, te spremembe pa je treba vsaj oceniti. K taki oceni nam lahko precej pomaga diagram temperaturnih potekov za različna tla, kot je za primer podan na sliki 3.

Posebno važne so za gradbenike in planerje razne ekstremne vrednosti nekaterih elementov in pogostnost oziroma verjetnost njihove ponovitve, ker dajejo neposredno merilo za riziko, ki ga je treba privzeti. Pri tem je npr. važen odnos med trdnostjo konstrukcije strehe in njeno ceno in med sunki viharnih vetrov, zelo debelo snežno odejo in podobno. Tu je npr. klimatska karta poprečne maksimalne debeline snežne odeje (slika 4) le prvi informativni podatek. Toda šele na osnovi daljšega niza podatkov izračunana verjetnost ponovitve ekstremov samih omogoča oceno rizika in ekonomsko optimalno rešitev.

Z vidika prihranka energije so važni zunanji oziroma naravni viri in ponori energije. Med te štejemo sončno obsevanje, terestično sevanje, kondukcijo s tal in v tla, konvektivno ohlajevanje ter izhlapevanje in kondenzacijo. Za določitev teh vrednosti v neki lokaciji moramo poznati vrsto meteoroloških in drugih elementov. Pri tem nam le malo pomagajo samo diagrami, katerih primer je podan na sliki 5, ker je za resnično energijsko bilanco treba poznati in upoštevati oblačnost, meglo, vrsto tal in celo onesnaženost ozračja, da ne naštejemo skoraj vseh zunanjih vplivov.

Tudi vseh značilnosti in posebnosti naših razmer tu ni mogoče obravnavati v detajle, ampak lahko opozorimo le na bistvene od njih. Velik del naših najgostejše naseljenih območij leži v kotlinah, te pa imajo prav specifične klimatske razmere, ki jih ne najdemo v nobenem splošnem klimatskem pasu ali področju. To pomeni, da so vrednosti in potek elementov in njihovih kombinacij v kotlinah povsem svojstveni. Zato spoznanj in normativov z drugih področij ne smemo tu uporabiti brez skrbne in tehtne presoje.

Posebno v zimski dobi so kotline zapolnjene za dalj časa z jezeri hladnega zraka in z meglo, zato je sončnega obsevanja izredno malo, temperature so relativno nizke, vlaga je visoka, vetrov skoraj ni - sliki 6 in 7. Le rahlo gi-

banje zraka se razvija lokalno zaradi reliefnih pogojev ali toplotnega otoka naselja, kar pa je premalo za zadostno čiščenje zraka. Zato morajo biti gostota, višina in razporeditev zgradb skrbno proučene, izolacija dobra, sistem zračenja bolj prirejen dnevnemu hodu onesnaženja kot temperature itd. Dilema se pojavi v tem, da se borimo proti izgubi toplote, toda toplotni otok naselja je često edina gonilna sila gibanja zraka, ki s tem vsaj nekoliko zmanjša koncentracijo onesnaženja, gostoto megle itd. /6/ - slika 8.

Vrsta na sliki 1 podanih zunanjih pogojev oziroma elementov, od katerih vsakega (podobno kot temperaturo) lahko podamo dovolj natančno šele s številnimi količinami in parametri, je očitno zelo dolga, a še ne popolna. Če upoštevamo še kombinacije med njimi, spoznamo, da je tudi same zunanje pogoje težko racionalno zajeti, vendar ni nemogoče. Toda tu ni splošnega pravila; glede na potrebe in druge pogoje je treba najti bistvene od njih, še bolje pa je, če to delo ob primernem modelu lahko prepustimo računalniku. Toda dobrih modelov še ni.

Ker ima tudi skoraj vsaka stavba vrsto svojih posebnosti, je za dosegajo najbolj-ših rešitev potrebno sodelovanje med strokovnjaki raznih strok, med katerimi meteorolog ne le nudi podatke, temveč jih primerno pripravi in interpretira. Tudi način priprave podatkov je namreč pogosto določen šele v odvisnosti vzajemnih ugotovitev sodelujočih strokovnjakov. Tako meteorolog pomaga pri iskanju najprimernejše rešitve med zunanjimi pogoji, ki so dejstva, notranjimi, ki so približno postavljeni, ter kompleksnim načinom izvedbe stavbe /7/. Izvedba ima glede na karakteristike elementov in materialov skoraj neomejene možnosti izbire in rešitev, a le malo jih je blizu optimalne.

Stavba

Zunanji - pretežno meteorološki pogoji, kot smo videli, vplivajo preko elementov stavbe na notranje, lahko pa tudi ogrožajo obstoj stavbe same. Zato je pri izbiri elementov stavbe potrebno upoštevati vse posebnosti in karakteristike zunanjih pogojev določene lokacije in vse lastnosti in karakteristike materialov, konstrukcij in drugih parametrov elementov stavbe. Naj kot primer navedemo le nekatera spoznanja s tega področja.

Švedi so npr. ugotovili /1/, da se samo s strešno konstrukcijo da prihraniti 50% energije; Richard pa pravi, da že 3 cm debela dobra stropna izolacija reducira toplotni tok navzdol za 90%, kar je posebno važno za vroče kraje. Nekateri dajejo velik poudarek na barvo strehe. Da je barva strehe važna, kažejo tudi naša proučevanja /8/, katerih delček je podan na sliki 9. Iz nje vidimo, da so npr. temperature pod temno rdečo salonitno kritino za 9° višje kot pod naravno svetlo sivo in za 27° višje od temperature zraka. Z bleščeče belimi strehami je dobil Givoni vrednosti komaj za 2° višje od temperature zraka. Za mesta pride zaradi onesnaženja zraka bela oz. bleščeča streha v poštev le, če so na strehi nameščene izpiralne naprave, ki površino večkrat očistijo. Zanimivi so rezultati poskusov s pomičnimi strehami, s pomično izolacijo, z rast-

linjem ali z vodo čez celo strešno površino /1/. Pri nas pride vse to v poštev za obmorske kraje, medtem ko je v kotlinah potrebno strehe zaščititi predvsem pred izgubo toplote, pred vlago in močnimi obremenitvami pri dežju ob debeli snežni odeji.

Z vidika maksimalnega koriščenja zunanjih pogojev je zelo važna orientacija zgradbe. Tu pa nam za prvo oceno precej povedo podatki slike 6. Seveda pa je učinkovitost izbire orientacije v posameznih letnih časih odvisna še od mnogih lokalnih vremenskih pogojev. S tem v zvezi je važna tudi notranja razporeditev in orientacija, saj je napr. v poslovnih prostorih treba več svetlobe dopoldne, v stanovanjskih pa popoldne.

Splošno je znano, da uporabljajo gradbeniki vse več stekla oziroma velike oken-ske površine ali cele stene iz stekla. To je smiselno le za kraje, ki imajo v hladnejšem letnem času precej sonca, kot npr. Švedska, Kanada idr., ali pa v centrih velikih mest, kjer je med nebotičniki malo svetlobe. V naših kotlinah pa je tako: ob slabem vremenu je splošno oblačno, ob lepem pa so pozimi kot-line zapolnjene z meglenimi jezeri tako, da je včasih v celi zimi sonca le nekaj ur. Toplotne izgube skozi okna so večje kot skozi stene, dotoka toplote ni, pomanjkanje svetlobe pa je lahko in poceni dopolniti z umetno osvetlitvijo. Poleti pa ustvarjajo velika okna previsoke notranje temperature, ki jih je mogoče znižati le z velikimi stroški. Zato je v naših kotlinah smiselno graditi relativno manjša okna. Seveda se da okna tudi zasenčiti, in to na zelo različne načine in različno uspešno, kot je razvidno s tabele 1. Očitno pa velik del teh rešitev ni poceni oziroma je malo učinkovitih, zato je "steklena arhitektura" z energijskih vidikov upravičeno kritizirana /1/. Pri takih odločitvah je upoštevanje lokalnih klimatskih razmer nujno, posvet z meteorologom pa koristen.

Podobne dileme se pojavljajo pri drugih elementih stavbe in njihovih variantnih rešitvah in to ne samo pri stanovanjskih stavbah, ampak pogosto še bolj pri posebnih gradnjah. Vendar pustimo besedo o tem strokovnjakom s teh področij, saj naš namen ni učiti, ampak le opozarjati. Literature o posameznih problemih te vrste pa je tudi dovolj /9/.

Modeli

Iz povedanega še nismo povsem spoznali, vendar pa lahko zaslutimo obsežnost problema in brezštevno množico posameznih in križnih vplivov zunanjih in notranjih pogojev v odvisnosti od elementov stavbe, njihovih karakteristik, kombinacij in variant. Posebno glede na hiter razvoj tehnologije, materialov in spoznanj je očitno, da en sam človek tega ne more obvladati. Zato so rešitve navadno zelo parcialne, pri čemer pa je pogosto tako, da z izboljšanjem enih pogojev poslabšamo druge. Kompleksnim rešitvam se je mogoče približati na dva načina:

1. iterativno s sodelovanjem različnih strokovnjakov in
2. s kompleksnim modelom in elektronskim računalnikom.

Kompleksnih modelov za računalnike še ni in bodo verjetno nastali šele na osnovi izkušenj prvega pristopa. Takih je bilo že nekaj. A poglejmo si na kratko najnovejši primer sodelovanja, ki je bil izveden letos v Švici in izčrpno prikazan na zadnjem simpoziju CIB v Zürichu.

Pri načrtovanju neke zgradbe so sodelovali arhitekt, gradbeni fizik, klimainženir in meteorolog. Arhitekt je najprej obdelal problem, prostor, strukturo, razporeditev dejavnosti (stanovanja, poslovni prostori, trgovine, garaže itd.) ter je izdelal prvo varianto oblike, orientacije ipd. Meteorolog je tačas obdelal in primerno podal najbistvenejše karakteristike zunanjih pogojev. Nato so skupno obdelali zastavljen projekt, določili obvezne kriterije po predpisih in spremljive kriterije ter prvo oceno notranjih pogojev. Spremenljive kriterije so smiselno spreminjali in sestavili 4 variante in zanje določili predvidene lastnosti in predvsem energijske pretoke, potrebe in izgube ter efekte na notranje pogoje za različne letne čase in se končno odločili za najboljšo varianto prvega kroga. Nato so s spoznanji prvega kroga pričeli takorekoč znova z namenom, da dosežejo primerne notranje pogoje ob minimalnih celotnih stroških vzdrževanja, vendar so pri tem upoštevali ceno zgradbe. Že drugi krog je dal mnogo boljše in zadovoljivejše rezultate. Detajlno opisan potek njihovega dela z vsemi prilogami pa bo podan v ustrezni publikaciji navedenega simpozija CIB.

Gotovo je, da nimamo dovolj strokovnjakov - zlasti meteorologov je malo - da bi lahko pri vsaki gradnji razvili tak postopek, toda nekaj sodelovanja med gradbeniki in meteorologi zlasti glede specifičnosti lokalnih klimatskih razmer bi prav gotovo nekajkrat povrnilo vložene stroške in odpravilo mnoge napake. Precej bi se lahko znižali tudi stroški vzdrževanja in bivanja, pri čemer pa bi bil prizadet uporabnik. Zato so predlagali, da se v planiranje bolj pritegne tudi ta dva s pojasnjenimi variantnimi možnostmi in podanimi ekonomsko-energetskimi posledicami in efekti. V bodoče pa je take zahteve in postavke potrebno pri sestavi modela vključiti v model. Prav gotovo pa pri nobenem modelu brez ustreznosti zajetih in lokalnim specifičnostim prilagojenih zunanjih pogojev, med katerimi so vremenski najštevilnejši, ne more biti uspeha oziroma poti do optimalne rešitve.

IZVEDBA PROJEKTA - GRADNJA

Tudi za izvajanje gradbenih del mora biti izdelan operativni plan, če naj bo delo čim bolj racionalno. Gradbena dela so - kot je znano - v veliki meri odvisna od vremena. Pri tem je važna npr. pogostnost zelo mrzlih dni, ker je betoniranje in še vrsta drugih del pri zelo nizkih temperaturah neizvedljiva. Važna je pogostnost in količina padavin zaradi kopanja temeljev, tako tudi zaradi raznih montaž, barvanja ipd. Močni vetrovi, ki so pri nas sicer redki, lahko zrušijo začasne konstrukcije itd.

Izdelanih je bilo več eksperimentov, s pomočjo katerih bi ugotovili, koliko je mogoče gradbene stroške zmanjšati s pravilnim upoštevanjem podatkov o vremenu in klimi. Rezultati so presenetljivi, saj dosegajo razlike 15% stroškov,

kar predstavlja pri velikih objektih v denarju kar lepe vsote: pogosto, ne le nekajkrat, temveč mnogokrat presegajo stroške takih priprav in boljšega planiranja gradnje.

Operativni plan mora zajemati tudi dolgo vrsto činiteljev, z vremenskega vidika pa mora biti usrežno prirejen letnemu času, nadalje mora biti dovolj fleksibilen, da se lahko ravna po dnevnih spremembah vremena. Pri tem se opira na vremenske napovedi. Te seveda niso 100% zanesljive, zato je potrebna izčrpna analiza razlik, kar terja moderne statistične metode in nekaj dela. To nam dokazuje naslednji primer, ki ga je navedel J.C. Thompson na industrijsko-meteorološki konferenci v Chicagu in ga podamo na kratko.

Vsak zimski večer so delavci nekega podjetja pospravljali opremo, ker bi se sicer pri temperaturah pod ničlo poškodovala. Stroški pospravljanja opreme so znašali vsak večer 300 \$, če pa bi ostala oprema enkrat zunaj pri temperaturi pod 0°, bi nastala škoda 2000 \$. V tem času pa je bilo mnogo noči, ko temperatura ni padla pod ničlo in so bili stroški pospravljanja proč vržen denar. Predstavniku podjetja se je zdelo, da bi se to dalo prištediti, če bi upošteval vremenske napovedi. Predno pa bi jim zaupal, se je hotel o ekonomiki tega prepričati.

Od meteorologov je zahteval za preteklo zimo tabelo dejanskih in napovedanih temperatur pod ničlo. To je primerjal s stroški pospravljanja, ki bi jih prihranil, in s škodo, ki bi nastala, ko ne bi - zanašajoč se na napovedi - pospravljali opreme. Rezultat je bil slab in kazalo je, da vremenske napovedi za njegove potrebe niso dovolj zanesljive. To je povedal meteorologom.

Meteorologi so ga opozorili, da ni ravnal dovolj premišljeno. Res so napovedi pogosto zgrešene, toda nemalokrat le malo. Zato se je pri takih problemih potrebno nasloniti na verjetnostni račun, ki omogoča izračunati relativno pogostnost oziroma verjetnost napake. Opremo bi bilo treba zaščititi nekajkrat več, kot bi sledilo iz samih napovedi, in sicer tedaj, ko je verjetnost pada temperature pod ničlo večja od razmerja med stroški zaščite in stroški sicer nastale škode. To je praktično pomenilo nekajkrat več, a še zdaleč ne vsako noč. Po tem računu bi bil prihranek že znaten. Ker pa so prognostika še opozorili na problem, so lahko pričakovali še boljši rezultat. Predstavnik podjetja je pristal na sodelovanje in v prihodnji zimi je podjetje prihranilo več tisoč \$ kljub temu, da je enkrat nastala škoda. Če odštejemo neznatne stroške nekajurnega vzajemnega dela, vidimo, da je bil prihranek znaten.

IZ tega in spredaj navedenih primerov in presoj sledi, da je sodelovanje med meteorologi in gradbeniki, arhitekti in sploh načrtovalci s teh področij ponekod nujno potrebno, skoraj povsod pa koristno in lahko prihrani posameznikom in skupnosti veliko sredstev in časa. Predvsem od sodelovanja, ki ga morajo v konkretnih primerih predlagati načrtovalci projektov, je odvisno, koliko bo pri nas uspešna pomoč meteorologije pri optimizaciji načrtovanja zgradb in gradnje različnih objektov.

LITERATURA

- /1/ Schweizer Baudokumentation: Klima und humane Umwelt, Int. CIB-Symposium über Bauklimatologie, Zürich 1974 (39 člankov).
- /2/ Statens institut för byggndsforsking: Teaching the Teachers on Building Climatology, Vol. of Preprints No. 1-3, Stockholm 1972 (76 člankov).
- /3/ Petkovšek Z.: Temperatura v stanovanjih in ogrevanje prostorov glede na vremenske činitelje, Letno poročilo Hidromet. zavoda SRS, Ljubljana 1960.
- /4/ Petkovšek Z.: Vlaga v stanovanjih s centralnim ogrevanjem in ovlaževanje prostorov, Razprave-Papers III, DMS, Ljubljana 1962.
- /5/ World Met. Organisation: Building Climatology, WMO Tech. Note No. 109, Geneva 1970 (31 člankov).
- /6/ Petkovšek Z.: Main factors of basin-climate as basis for urbanistic and building design, Proc. CIB-Symp. Zürich (v tisku).
- /7/ Petkovšek Z.: Gradbena in urbanistična klimatologija, Inform. bilt. Zav. SRS za reg. prost. plan. VII/12, VIII/1, Ljubljana 1973/1974.
- /8/ Petkovšek Z.: Temperature pod salonitnimi kritinami raznih barv, Razprave-Papers XVI, DMS, Ljubljana 1974.
- /9/ Givoni B.: Man, Climate and Architecture, Elsevier Publ. Comp. Amsterdam 1969.

ZUNANJI POGOJI

temperatura zraka
srednja (dnev. mes. let.)
amplituda (dnev. let.)
ekstremi (verjet. ponov.)
frekvenčna razporeditev

temp. tal in okolice

vlaga

osončenje

veter

oblačnost

padavine

snežna odeja

vremenski pojavi

vremenske tvorbe

elektromag. valovi, polja

onesnaženje zraka

okolica - zelenje
gostota zgradb
refleksija
višina horizonta

STAVBA

streha

konstrukcija

oblika

nagib

barva

izolacija

orientacija

kritina

stene

okna in vrata

tla

naprave

dimenzije

lokacija

NOTRANJI POGOJI

temperatura

vlaga

osvetlitev

gibanje zraka

čistost zraka

ionizacija

el.-magn. polja

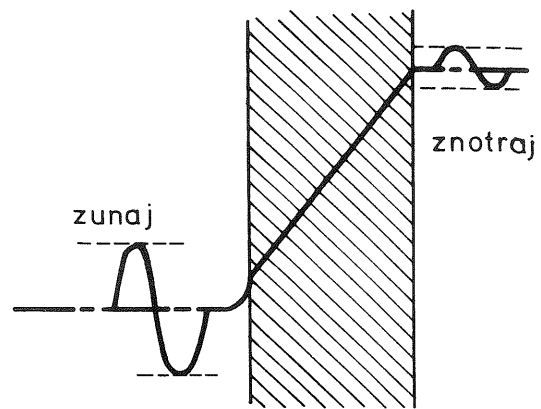
hrup

oblika prostorov

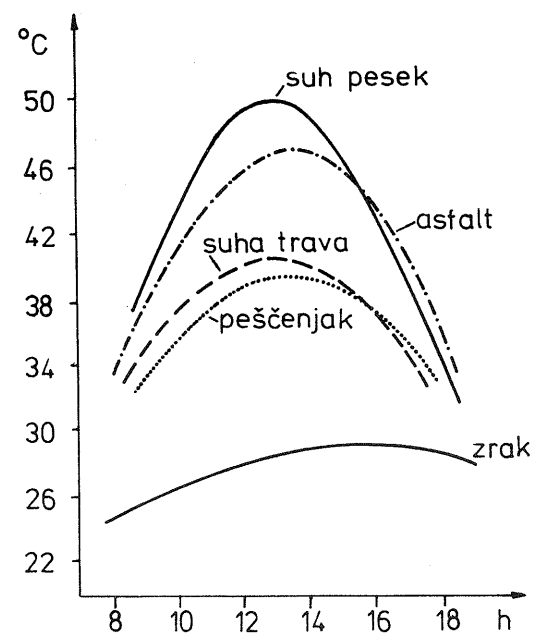
namen

aktivnost

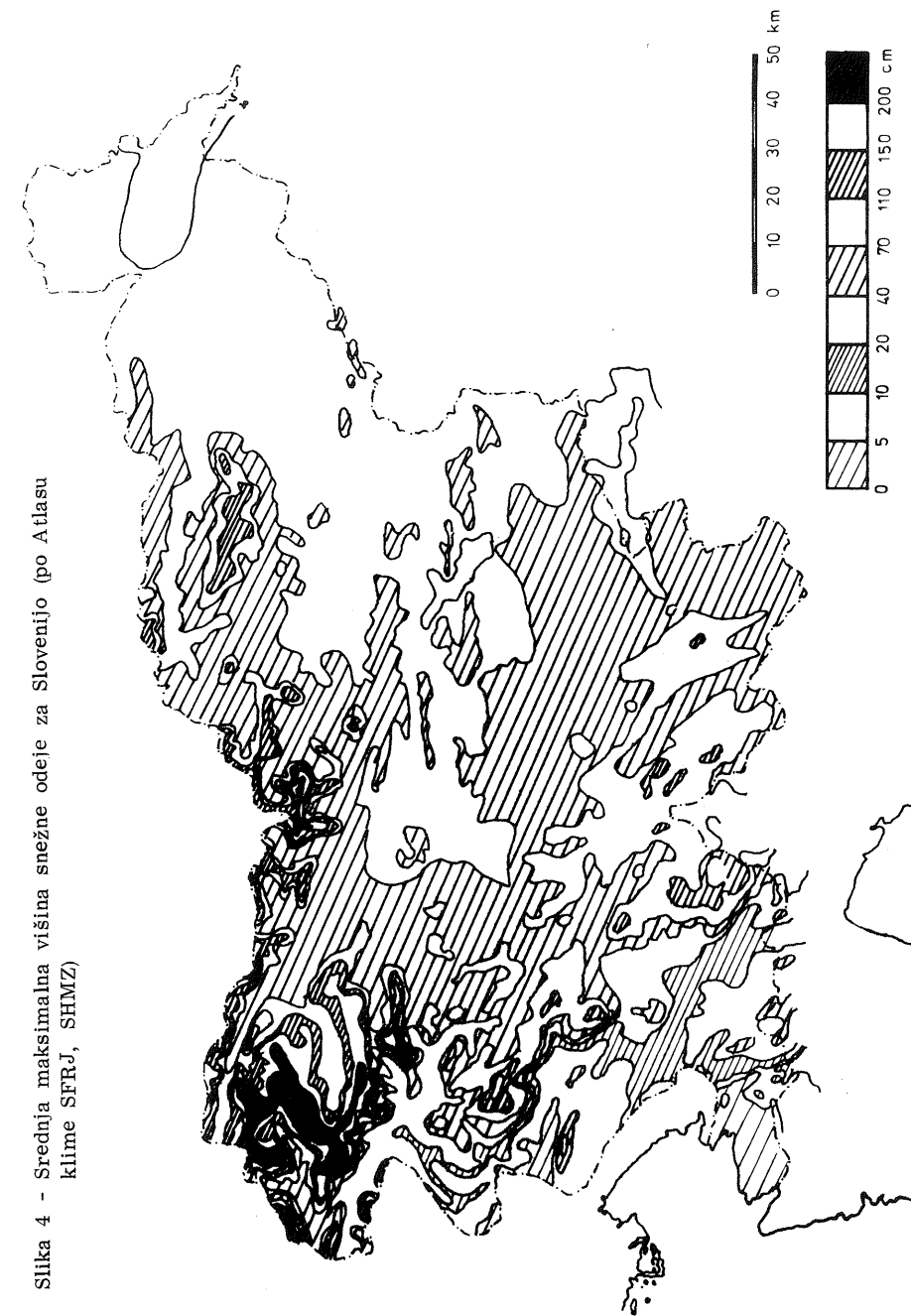
Slika 1 - Glavni zunanji in notranji klimatski parametri in elementi stavbe



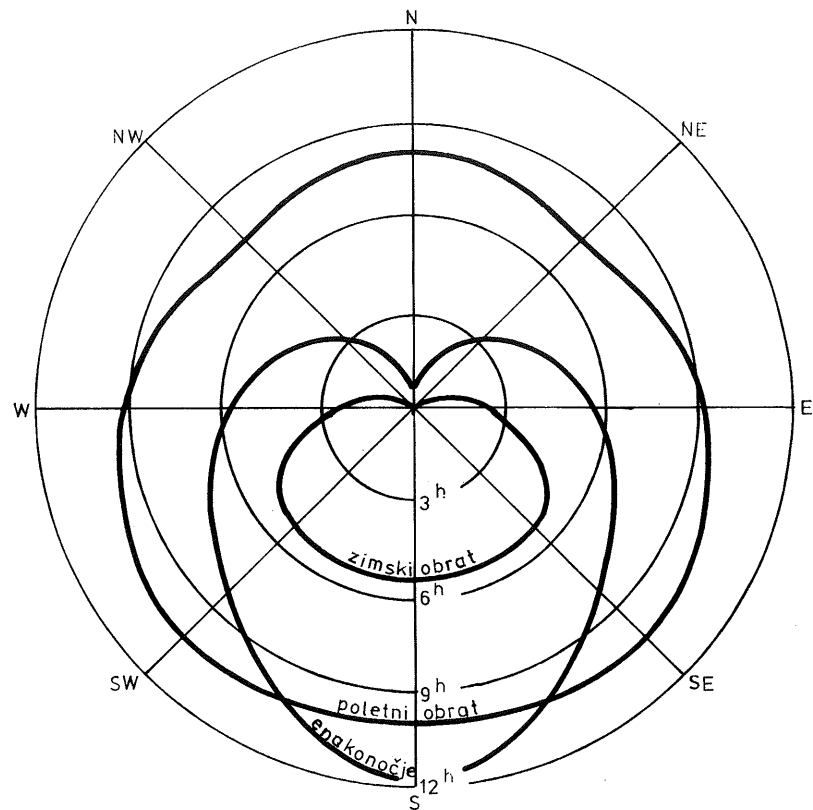
Slika 2 - Temperaturna nihanja zunaj in znotraj stavbe (iz A. Janouš)



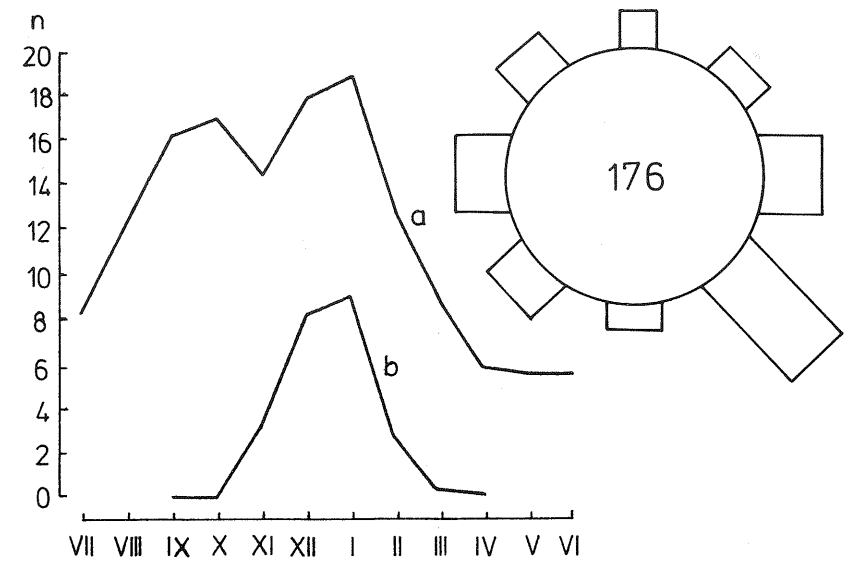
Slika 3 - Temperatura zraka in različnih vrst tal podnevi (iz L. Gajzágó)



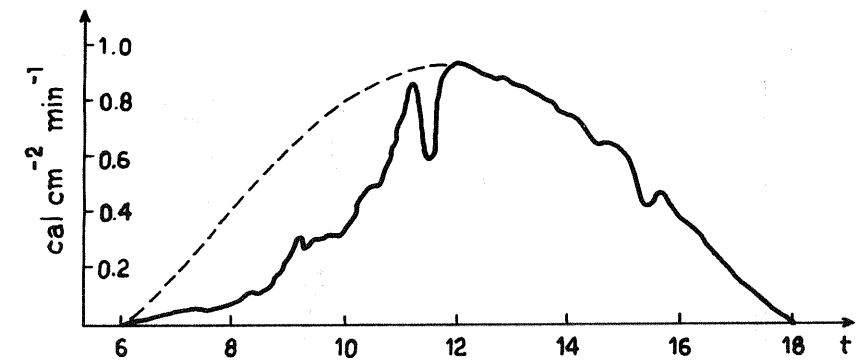
Slika 4 - Srednja maksimalna višina snežne odeje za Slovenijo (po Atlasu klime SFRJ, SHMZ)



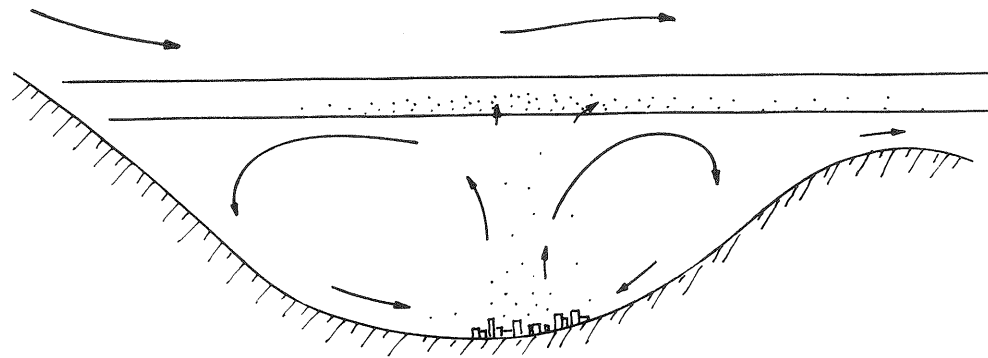
Slika 5 - Največje možno sončno obsevanje za različne letne čase (iz W. Chrošcicki)



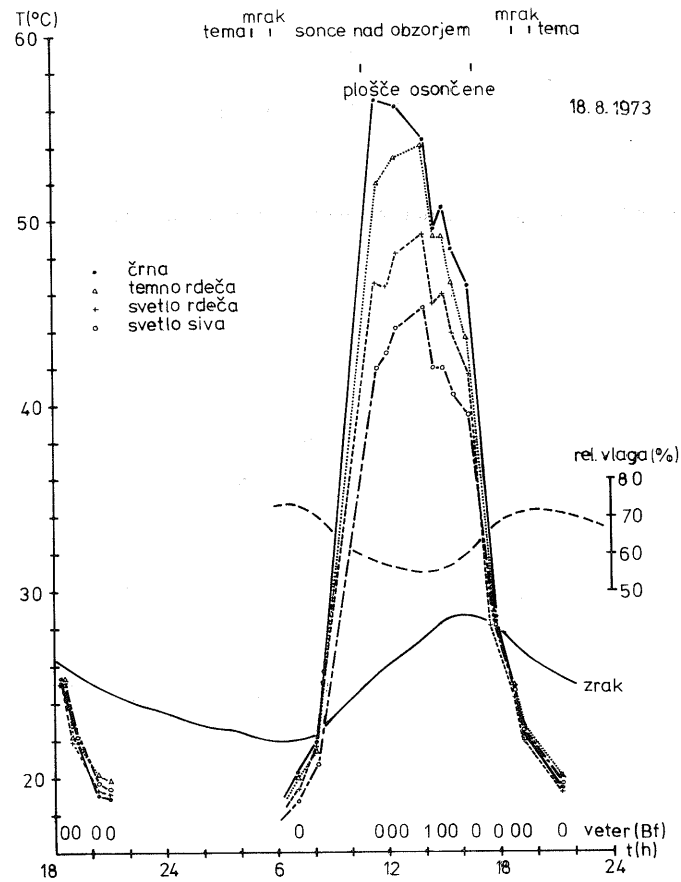
Slika 6 - Pogostnost megle, celodnevne megle in vetrovna roža za Ljubljano



Slika 7 - Oslabljenost sončnega obsevanja zaradi megle, če se ta dopoldne razkroji



Slika 8 - Cirkulacija zraka ob toplotnem otoku nad mestom v kotlini



Slika 9 - Temperature pod kritinami raznih barv ob mirnem in jasnem vremenu