

Úmrtnosť na Slovensku 1981 – 2000, slnečná aktivita a počasie

*E. Klocok a M. Rybanský, Astronomický ústav SAV, Tatranská Lomnica,
Kloak @ta3.sk, rybansky @ta3.sk*

M. Letkovičová, Environment, a.s. Centrum bioštatistiky a environmentalistiky, Nitra

1. ÚVOD

Predkladaná práca nadväzuje na problematiku riešenú v predchádzajúcich výskumných prácach o stave životného prostredia v okolí jadrových elektrární na Slovensku, kde vzhľadom na pomerne komplexnú databázu o úmrtnosti na území Slovenskej republiky od roku 1981 sa ponúkla príležitosť skúmať vplyv heliogeofyzikálnych faktorov na mortalitu obyvateľstva. Význam vplyvu slnečnej aktivity v životnom prostredí je nutné chápať v kontexte komplexného pôsobenia celého súhrnu faktorov udávajúcich kvalitu prostredia, v ktorom žijeme.

Cieľom práce je zistiť, či rozmanité prejavy slnečnej aktivity a s nimi súvisiace klimatické parametre počasia majú ekologickú významnosť ovplyvňujúcu životné prostredie a tým aj zdravotný stav obyvateľstva a z neho vyplývajúcu úmrtnosť, kde príčinou úmrtia sú srdcovo cievne a nádorové ochorenia, ktoré sú v mortalite na Slovensku štatisticky veľmi významné. Dôležitým očakávaným výsledkom by bolo, či okrem „prirodzených príčin“ úmrtí existujú aj také, ktorým by sa dalo zabrániť znížením rizikových faktorov napríklad vhodnou izoláciou od vonkajšieho prostredia, respektíve, či existujú globálne, zatiaľ neovplyvniteľné faktory úmrtí na spomínané ochorenia. V súčasnosti naše poznatky vedú k určitým preukazateľným vplyvom slnečnej aktivity na neživú prírodu, ako napríklad na úroveň kozmického žiarenia, stav ionosféry, poruchy magnetického poľa Zeme a podobne. Práce zaoberajúce sa jej vplyvom na zemskú biosféru sú vo veľkej väčšine len v špekulatívnej, nanajvýš hypotetickej rovine, aj keď o problematike existuje rozsiahla literatúra rôznej kvality.

Nakoľko počty úmrtí sú v čase rozdelené nerovnomerne, vedie to k názoru, že existujú nejaké premenné vonkajšie príčiny, ktoré tento fakt spôsobujú. K nim patria hlavne zmeny počasia, sociálne podmienky spoločnosti a zatiaľ hypotetické vplyvy vonkajších fyzikálnych polí a žiarení spôsobených zmenami slnečnej aktivity. Oddeliť však sociálne príčiny od ostatných je prakticky nemožné, preto takéto hypotézy možno veľmi obtiažne overovať. Nechceme sa zaoberať teóriou takýchto javov, ale na zdravotnom stave populácie Slovenska, chceme ukázať, ktoré z týchto vplyvov sú dominantné. Výsledky môžu poslúžiť napríklad pre vypracovanie metodiky ochrany ohrozených skupín obyva-

teľstva.

Dôležitou skutočnosťou pri ďalšom postupe je, že budeme používať fyzikálne opodstatnené parametre slnečnej aktivity s overenou databázou úmrtí za relatívne pomerne dlhé obdobie. Je nutné si uvedomiť, že sa jedná o interdisciplinárnu problematiku, ktorej náročnosť riešenia sa znásobuje rôznymi väzbami a rozširuje okruh problémov s každým novým poznatkom. Na druhej strane, každý aj čiastkový overiteľný výsledok má veľký praktický význam.

2. POUŽITÉ ÚDAJE

K dispozícii máme :

- 1) Údaje o dennom počte úmrtí na srdcovo cievne ochorenia (SCO)
- 2) Údaje o dennom počte úmrtí na nádorové ochorenia (NO)
- 3) Údaje o slnečnej a geomagnetickej aktivite – koronálny index slnečnej aktivity (KI), neutrónová zložka kozmického žiarenia (KZ), a geomagnetický index (AK)
- 4) Meteorologické údaje – priemerná denná teplota, atmosférický tlak, rýchlosť a smer vetra a slnečný svit.

Všetky údaje sú za obdobie rokov 1981 až 2000 (okrem údajov úmrtí za roky 1982 a 1992). Mesačné priemerné hodnoty o mortalite obyvateľstva Slovenska za uvedené obdobie sú znázornené na obrázku 1. Už z týchto priebehov je možné dedukovať nerovnomernosť priebehu úmrtí v danom časovom úseku. Pre zaujímavosť extrémne hodnoty úmrtí na jednotlivé ochorenia sú nasledovné:

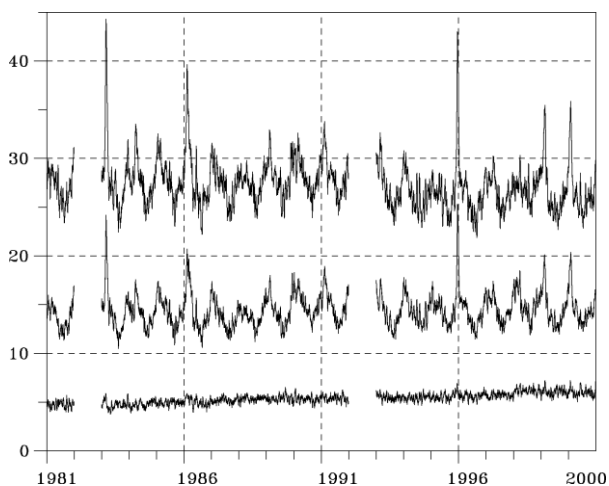
Celkový denný počet úmrtí sa pohybuje v intervale: minimálne 88, maximálne 267

Srdcovo – cievne ochorenia: minimálne 37, max. 157

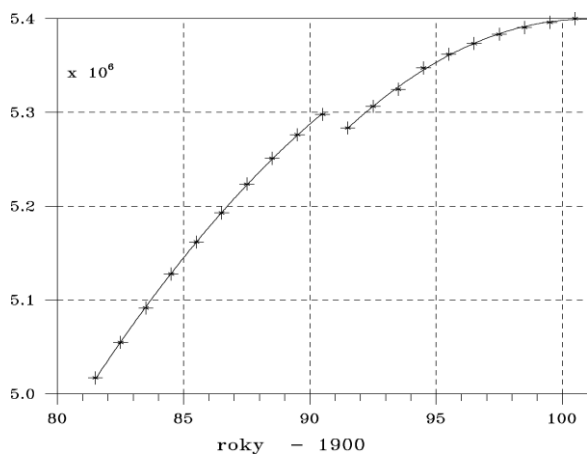
Nádorové ochorenia: minimálne 12, maximálne 52

Aby bolo možné tieto údaje o mortalite porovnať s jednotlivými fyzikálnymi faktormi ovplyvňujúcimi životné prostredie, je nutné tieto vstupné data redukovať na celkový počet obyvateľov. Časový priebeh vývoja počtu obyvateľov Slovenskej republiky je na obrázku 2.

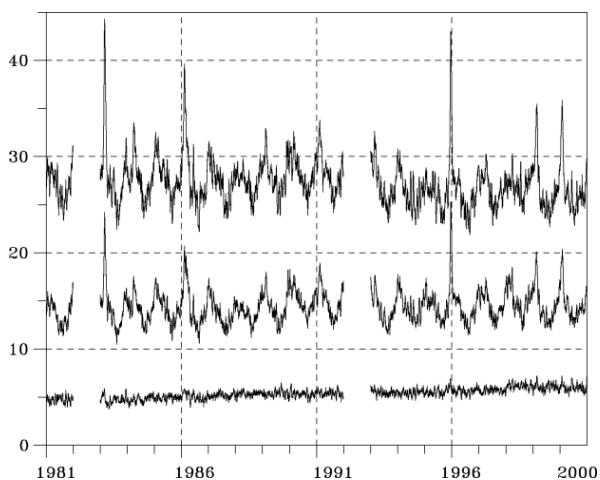
Počet obyvateľov sa dá dobre aproximovať kvadratickou funkciou. Ako z priebehu vidieť je rozdelený na dve obdobia, 1981 – 1990 a 1991 – 1996. Pokles počtu obyvateľov v rokoch 1990, 1991 má zrejme administra-



Obr. 1. Mesačné priemerné hodnoty denných úmrtí. a) celkový počet, b) úmrtia na srdcovo-cievne ochorenia, c) na nádorové ochorenia.



Obr. 2. Priemerný ročný počet obyvateľov Slovenskej republiky



Obr. 3. Priemerné mesačné hodnoty denných počtov úmrtí na 1 milión obyvateľov

tívny charakter, súvisiaci s rozdelením bývalého Československa..

Aproximačné vzťahy majú tvar:

$$(1) n = 4952,8 + 43,482 \cdot t - 1,00078 \cdot t^2$$

pre roky 1981 - 1990

$$(2) n = 4816,6 + 56,134 \cdot t - 1,35635 \cdot t^2$$

pre roky 1991 - 2000, kde $t = \text{rok} - 1980$

Plnou čiarou je na obr. 2 aproximácia a „+“ skutočný stav v strede roka – tabuľka č.1. Prírastok obyvateľstva sa postupne znižuje a ako z obrázku vidieť po roku 2002 začne klesať!!

Tab. č. 1.

Rok	Poč.obyv.	Rok	Poč.obyv.
81.5	5.01703	91.5	5.2834
82.5	5.05477	92.5	5.30654
83.5	5.09154	93.5	5.32463
84.5	5.12772	94.5	5.34741
85.5	5.16179	95.5	5.362
86.5	5.19279	96.5	5.37336
87.5	5.22361	97.5	5.38329
88.5	5.25112	98.5	5.39052
89.5	5.27619	99.5	5.39602
90.5	5.29777	00.5	5.39734

Aby sme vylúčili trend populačného vývoja obyvateľstva priemerné mesačné hodnoty denných počtov úmrtí zredukujeme na 1 milión obyvateľov, t.j. údaje, ktoré budú objektom nášho skúmania. Ich priebeh je znázornený na obrázku 3.

Z priebehu je vidieť, že pri srdcovo cievnych ochoreniach sa prejavuje výrazný ročný chod, kým pri nádorových ochoreniach rovnomerný rast. Číselné a percentuálne údaje redukovanej mortality na milión obyvateľov sú uvedené v tabuľke číslo 2.

Vidíme, že viac ako 50 % počtu úmrtí je spôsobených srdcovocievnyimi chorobami a okolo 20% nádorovými ochoreniami. Kým % SCO rastie, ale pomaly a v niektorých obdobiach aj klesá, % NO neustále narastá, zo 17,55% v roku 1981 na 22,51% v roku 2000.

Slnčná aktivita

Fyzikálnu podstatu slnečnej aktivity zatiaľ nepoznáme. Definujeme ju ako súbor premenných prejavov na Slnku. Počet aj mohutnosť týchto javov kolíše približne v 11 ročnom rytme, v tzv. cykle slnečnej aktivity. Mení sa nielen počet pozorovaných prejavov reprezentujúcich slnečnú aktivitu, ako sú slnečné škvrny, erupcie, koronálne tranzienty, protuberancie a pod. , ale aj ich fyzikálne charakteristiky , ako teplota, hustota častíc, veľkosť, v porovnaní s priemernými fyzikálnymi charakteristikami príslušných vrstiev slnečnej atmosféry. Zjednodušene povedané slnečná aktivita je odchýlka od stacionárneho stavu Slnka, pričom pod týmto pojmom treba rozumieť idealizovaný stav , kedy prebieha „výroba“ a vyžarovanie slnečnej energie s rovnakou intenzitou bez viditeľných zmien.

Tab.č.2.

rok	m cel	mSCO	mNO	%SCO	%NO
1981	27.11	13.71	4.76	50.57	17.55
1982					
1983	28.21	14.46	4.75	51.25	16.84
1984	27.57	14.05	4.78	50.95	17.35
1985	27.92	14.27	4.93	51.13	17.67
1986	28.04	14.49	5.04	51.67	17.98
1987	27.27	13.71	5.18	50.29	18.98
1988	27.31	13.87	5.35	50.79	19.61
1989	27.99	14.33	5.37	51.20	19.17
1990	28.24	15.06	5.33	53.32	18.87
1991	28.22	14.91	5.40	52.84	19.13
1992					
1993	27.11	14.17	5.51	52.26	20.33
1994	26.34	14.40	5.46	54.67	20.74
1995	26.93	14.83	5.59	55.09	20.78
1996	26.05	14.19	5.62	54.45	21.57
1997	26.53	14.51	5.68	54.72	21.43
1998	27.02	15.11	6.19	55.93	22.92
1999	26.61	14.56	6.04	54.71	22.71
2000	26.69	14.67	6.01	54.98	22.51

m – počet úmrtí na 1 milión obyvateľov za rok

Úroveň slnečnej aktivity charakterizujeme rôznymi indexami, ktoré vyjadrujú určitú mieru mohutnosti tejto aktivity. Najstarším a najznámejším indexom slnečnej aktivity je Wolfovo číslo.

Pre našu štúdiu sme vybrali koronálny index slnečnej aktivity CI, lebo je to jediný z indexov, meraných, alebo určených z povrchu Zeme, ktorý má udany fyzikálny rozmer.

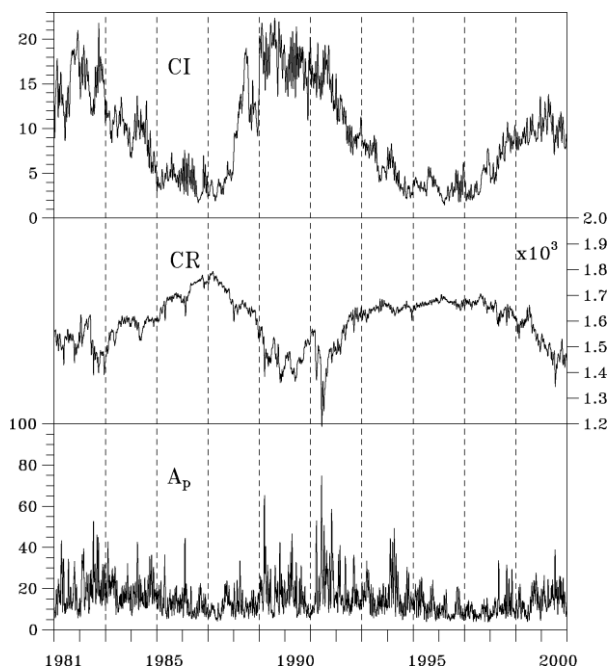
Koronálny index je žiarivý výkon slnečnej koróny v emisnej čiare 530,3 nm. Kolíše v medziach 1 až 25×10^{16} W/ster. Jeho priebeh je horná krivka na obr.4. Slnečná koróna je prechodovým článkom medzi slnečným povrchom a medziplanetárnym priestorom a z tohoto dôvodu je veľmi vhodným indikátorom úrovne slnečnej aktivity s jej vplyvmi na pozemské procesy.

Sprostredkovane charakterizuje slnečnú aktivitu aj úroveň kozmického žiarenia, čo sú vlastne prúdy vysokoenergetických častíc, ktoré je možné registrovať v kozmickom priestore okolia Zeme. Na zemskom povrchu sa dá registrovať jeho sekundárna zložka, ktorú tvoria častice vzniknuté interakciou primárnej zložky kozmického žiarenia s atómami zemskej atmosféry. Zmeny slnečnej aktivity menia podmienky pre šírenie kozmického žiarenia CR a tým modulujú jeho úroveň na Zemi. Všeobecne platí, že pri vzraste úrovne slnečnej aktivity klesá úroveň nukleónovej zložky kozmického žiarenia a opačne.

Stav magnetického poľa Zeme bude reprezentovať index A_p , ktorý odráža porušenie geomagnetického poľa zemegule spôsobeného slnečnou aktivitou. Časový

priebeh indexov CI, CR a A_p v nami skúmanom období je na obr. 4.

Všetky tieto kozmické indexy sú dostupné na Slovensku. CI je meraný na vysokohorskom observatóriu Lomnický štít Astronomického ústavu SAV v Tatranskej Lomnici. CR na tom istom observatóriu Ústavu experimentálnej fyziky SAV Košice a A_p , ktorý je celoplanetárnym indexom má k dispozícii Geofyzikálny ústav SAV Bratislava na základe svojich príspevkových meraní observatória v Hurbanove.



Obr.4 Priebeh koronálneho indexu, úrovne kozmického žiarenia a porušnosti geomagnetického poľa za obdobie rokov 1981 až 2000

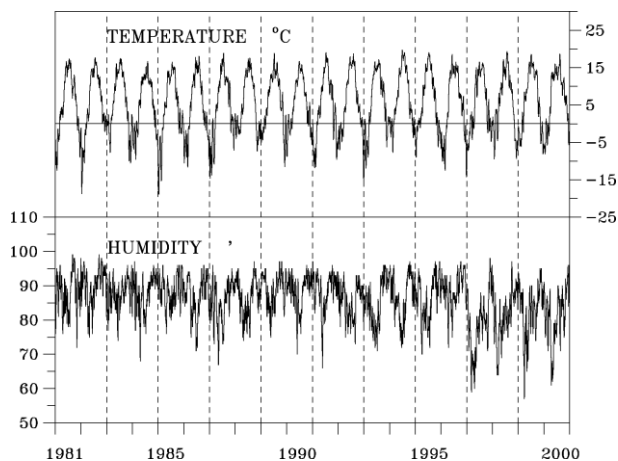
Meteorologické parametre

Ako už bolo uvedené výrazná ročná vlna u srdcovocievnych ochorení súvisí so zmenou ročných období, teda v podstate so zmenou meteorologických parametrov. Pre našu úlohu sme zvolili nasledovné údaje:

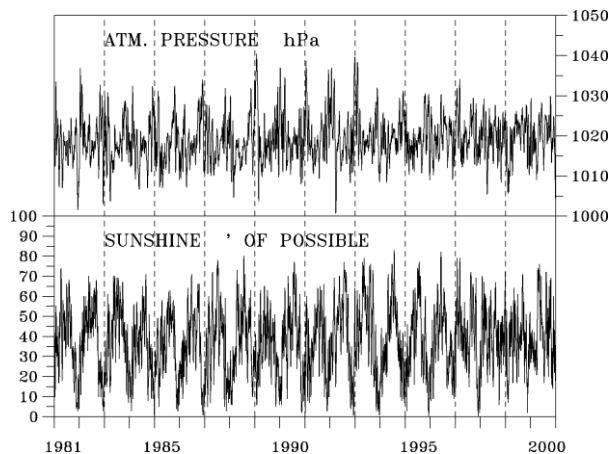
- teplotu a vlhkosť, priebeh na obr.5
- atmosférický tlak a slnečný svit v % možného, obr.6
- rýchlosť vetra, obr.7

Sú to priemerné denné hodnoty, okrem vetra kde je len jeden denný údaj o 07.00 SEČ. Do roku 1996 sú meteorologické údaje zo stanice Sliac a vietor zo stanice Chopok. Od roku 1997 sú meteorologické údaje zo stanice Geofyzikálneho ústavu SAV v Starej Lesnej a vietor z observatória Lomnický štít.

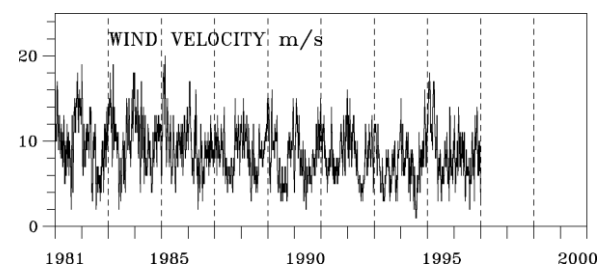
Na všetkých priebehoch je znázornený 11 – denný kĺzavý priemer.



Obr. 5. Priebeg teploty a vlhkosti za obdobie rokov 1981 až 2000



Obr. 6 Priebeg atmosférického tlaku a slnečného svitu za obdobie rokov 1981 až 2000



Obr.7 Priebeg rýchlosti vetra za obdobie rokov 1981 až 1996

Priebeg relatívneho počtu úmrtí celkovo vykazuje výrazný ročný chod. Spôsobujú ho hlavne srdcovo cievne ochorenia a takmer štvrtina úmrtí z neuvedených príčin. Slnečné indexy ročný chod nevykazujú a magnetické pole Zeme je rušené slnečnou aktivitou v nevýraznej polročnej vlne, spôsobenej sklonom (7,25 stupňa) slnečnej rotačnej osi k ekliptike.

Analýza údajov

Z priebegov na obrázkoch 5 až 7 vidíme, že ročný chod môžeme pozorovať viac menej u všetkých metro-

logických parametrov. Aby sme mohli študovať súvislosti počtu úmrtí a klimatických parametrov „zostrojíme„ si priemerné úmrtia a priemerné počasie za celé sledované obdobie. Budú to vlastne priemerné denné hodnoty týchto údajov pre každý deň v roku z celého skúmaného časového úseku. Na obrázku 8 sú znázornené priebehy týchto jednotlivých priemerných parametrov.

Už z jednoduchého vizuálneho porovnania, môžeme usúdiť, že úmrtia na nádorové ochorenia počas roka nevykazujú žiadne extrémnejšie výkyvy, okrem náhodných odchýlok.

U srdcovocievnych príčinách úmrtí je niekoľko charakteristických období oddelených na obrázku plnými čiarami.

Komentár k obrázku 8 :

1. obdobie – do 55. dňa v roku (24.2.) - je charakterizované vysokou úmrtnosťou na SCO s premennou úrovňou.
2. obdobie – od 55. do 244. dňa v roku (1. 9.) - postupný pokles a minimum úmrtí na SCO
3. obdobie - od 244. do 257 dňa v roku (14.9.) - prudký nárast úmrtí na SCO
4. obdobie - od 257. do 335. dňa v roku (1.12.) - postupný nárast úmrtí na SCO
5. obdobie - od 335. do 362. dňa v roku - prudší vzrast úmrtí na SCO

Rovnaké čiary oddelujú charakteristické obdobia na priemerných denných hodnotách meteorologických parametrov v roku. Najzaujímavejším sa javí bod konca prvého obdobia, kedy vidíme na priebehu teploty začiatok vzrastu , u atmosférického tlaku začiatok jarného poklesu a u vlhkosti vzduchu začiatok poklesu. Ináč sa ďalšie body ostatných definovaných období ničím zvláštnym nevyznačujú.

Podľa týchto priebehov sa dá kvalitatívne uvažovať, že úmrtnosť na srdcovocievne ochorenia súvisí nepriamo úmerne s teplotou a dĺžkou slnečného svitu a priamo úmerne s vlhkosťou vzduchu a rýchlosťou vetra.

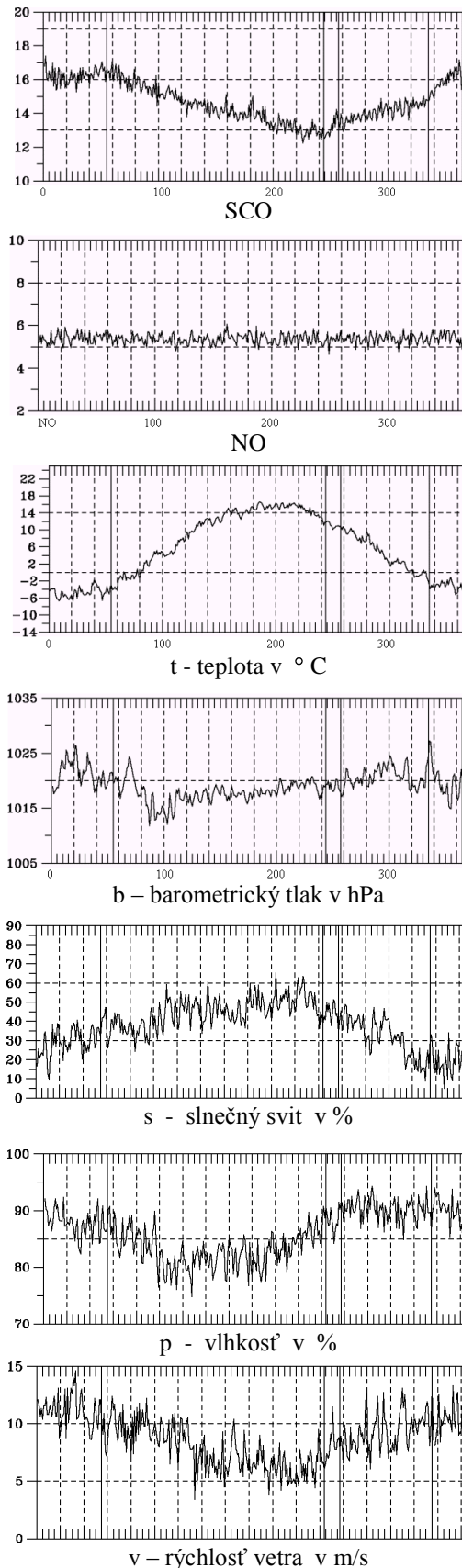
Test extrémnych hodnôt

Pre nasledujúci test sme najprv určili rozdelenie pre relatívne počty úmrtnosti na srdcovocievne a nádorové ochorenia. Rozdelenie sa veľmi málo odlišuje od normálneho a je znázornené na obr.9. Amplitúdy pre interval 0,1 , stredné hodnoty a disperzie sú :

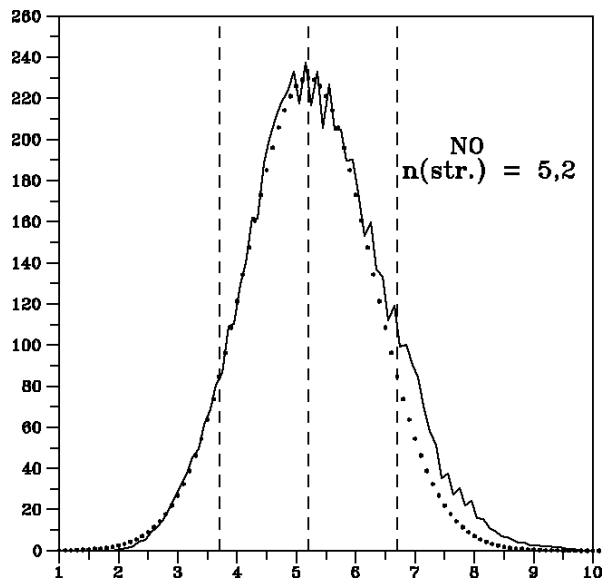
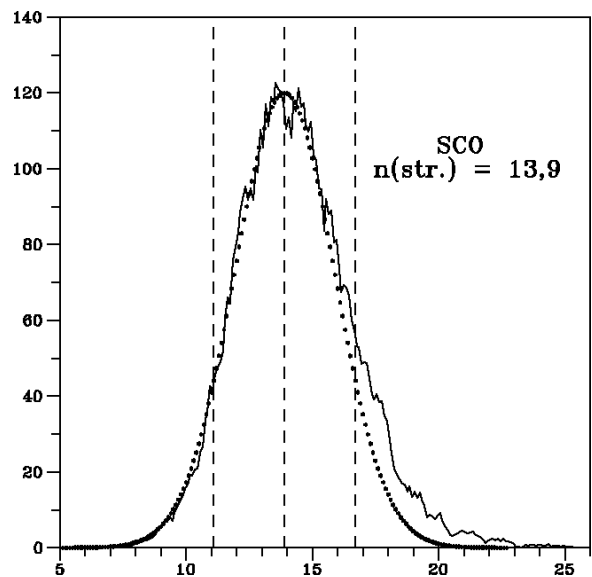
120 13,9 2,8 pre SCO
a 230 5,2 1,5 pre NO

Myšlienka jednoduchého testu o súvislosti parametrov je nasledujúca. Zo súboru vyberieme dni, kedy úmrtnosť bola vysoká, ako aj dni, kedy bola nízka. V tých istých dňoch určíme priemery porovnávané meteorologickej veličiny. Ak sa tieto priemery v dňoch vysokej a nízkej úmrtnosti podstatne odlišujú, medzi porovnávanými súbormi veličín existuje závislosť.

Pre hranicu vysokých a nízkych úmrtností sme volili



Obr. 8 Priemerné denné hodnoty skúmaných parametrov za obdobie rokov 1981 až 2000



Obr.9 Rozdelenie pre relatívne počty úmrtí na SCO a NO

hodnoty $\mu + \sigma$ a $\mu - \sigma$.

Například v súbore úmrtností na srdcovocievne ochorenia je 989 dní, keď relatívna úmrtnosť bola vyššia ako $\mu + \sigma = 16,7$. Priemerná teplota týchto dní bola $-3,1$ °C. 398 je takých dní, keď úmrtnosť je nižšia ako $\mu - \sigma = 11,1$ a priemerná teplota z týchto dní bola $16,6$ °C. Z týchto skutočností môžeme jednoznačne usúdiť, že pri nižších teplotách zomiera väčší počet ľudí na srdcovocievne ochorenia.

Takýmto spôsobom boli porovnané všetky skúmané parametre. Výsledky sú uvedené v tabuľke č. 3. Zreteľná je tu závislosť pri úmrtiach na SCO od teploty, priemernej dĺžky slnečného svitu a rýchlosti vetra. Výsledky testu nepotvrdili závislosť úmrtnosti od geomagnetickej aktivity určenej indexom A_p , ktorá sa v mnohých prácach predpokladá. Existuje množstvo literatúry, kde sa predstavuje nasledujúci mechanizmus vplyvu slnečnej aktivity na biologické objekty, alebo

Tab. č. 3.

	CI	CR	Ap	t	b	s	p	v
SCO $>(\mu + \sigma)=16,7$ 989 prípadov	8,92	1543	14,9	-3,1	1018,7	31,7	86,0	12,3
SCO $<(\mu + \sigma)=11,1$ 398 prípadov	8,45	1619	13,8	10,6	1019,2	42,8	86,5	8,2
NO $>(\mu + \sigma)=6,7$ 838 prípadov	8,33	1598	14,5	5,8	1019,4	38,9	84,0	8,2
NO $<(\mu + \sigma)=3,7$	9,19	1605	14,9	5,2	1018,3	34,8	86,8	9,1

kde s - je priemerná dĺžka slnečného svitu v % z jeho novej doby

p - je priemerná relatívna vlhkosť v %

v - je priemerná rýchlosť vetra v m / s

všeobecne na biosféru:

Porucha na Slnku (erupcia, výron hmoty, zmena intenzity X žiarenia a pod.) je sprevádzaná prenosom elektricky nabitých častíc do okolia Zeme. Tento jav následne spôsobí poruchy magnetického poľa Zeme. Úroveň takýchto porúch charakterizuje práve index Ap. Činnosť orgánov v živej hmote je riadená elektrickými signálmi. Tieto signály môžu byť rušené spomínanými poruchami a môžu viesť až ku kolapsu živého organizmu. Naša štúdia nepotvrďuje tento model pôsobenia. Pre kontrastnejšie overenia sme vybrali dni s Ap väčším ako 100. Takýchto dní bolo v uvažovanom období 18 - tich rokov 31. Priemerná relatívna úmrtnosť v týchto dňoch bola 14,76. Priemer úmrtnosti z dní keď Ap bolo menšie ako 5 (bolo ich celkovo 906) za to isté obdobie bol 14,40, čo je štatisticky nepodstatný rozdiel !

ZÁVER

Záver tejto časti štúdie, môžeme formulovať vo všeobecnosti do niekoľkých bodov :

1) Štatistické testy poukazujú na nezávislosť relatívnej mortality obyvateľstva Slovenskej republiky počas sledovaného obdobia rokov 1981 až 2000 od úrovne slnečnej a geomagnetickej aktivity.

2) Úroveň úmrtnosti, ktorých príčinou boli nádorové ochorenia na území Slovenska od roku 1981 postupne narastá, čo je spôsobené najpravdepodobnejšie sociálnymi príčinami.

3) Úroveň úmrtnosti na srdcovo cievne ochorenia má výrazný ročný chod, s maximom v zimnom období a minimom v lete. To poukazuje na jej súvislosť s klimatickými parametrami počasia, teplotou, dĺžkou slnečného svitu a rýchlosťou výškového vetra. Prejavuje sa tiež slabá závislosť od azimutu výškového prúdenia vzduchu. Viac prípadov úmrtí je pri prevládajúcom východnom a juhozápadnom vetre.

Pomocou skúmaných vplyvov počasia sa nepodarilo vysvetliť zvýšenú úmrtnosť na SCO v období od 1.12.1995 do 2.1.1996. V tomto období za 33 dní umrelo zo srdcovo cievnych príčin 2992 ľudí, čo je o 369 viac, ako bol dlhodobý priemer. Meteorologické parametre boli pritom priemerné. Ako možná príčina tohto javu by mohla byť chrípková epidémia. Preto pri ďalšom skúmaní tejto problematiky by bolo žiaduce osobitne skúmať mortalitu v letnom a zimnom období, vylúčiť obdobia s chrípkovými epidémiami, na čo bude nutné poznať ich dátum a mohutnosť a nakoniec vypracovať kvantitatívne štatistické vyhodnotenie pomocou viacparametrickej regresnej analýzy.