

**Univerzita Karlova v Praze
Přírodovědecká fakulta**

DIPLOMOVÁ PRÁCA

2009

Milan Benco

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA
KATEDRA FYZICKÉ GEOGRAFIE A GEOEKOLOGIE



Typy poveternostných situací a tok vlhkosti v Čechách

Autor: Milan Benco

Vedúci práce: RNDr. Miloslav Müller, PhD.
Konzultant práce: RNDr. Marek Kašpar, PhD.

Praha 2009

ANOTÁCIA

Predložená diplomová práca sa zaoberá tokom vlhkosti v atmosfére a typizáciou poveternostných situácií kolektívu ČHMÚ na území Českej republiky. Na hodnotenie toku vlhkosti sú použité dáta reanalýz ERA-40. Skúma sa časové obdobie od septembra 1957 až do augusta 2002. Tok vlhkosti sa hodnotí na štyroch izobarických hladinách 300, 500, 700, 850hPa v gridovom bode so súradnicami 15° v. d., 50° s. š. Výsledky nám potvrdzujú prevládajúce západné prúdenie na území Českej republiky. Pri extrémnych tokoch vlhkosti je zjavná dominancia západných typov synoptických situácií. V ročnom chode toku vlhkosti je badateľný neskorý nástup minim a maxím vplyvom Atlantického oceánu. Pomocou rozptylovej analýzy je dokázaný vzájomný vzťah medzi typizáciami poveternostných situácií a tokom vlhkosti.

KLÚČOVÉ SLOVÁ: typizácia poveternostných situácií, tok vlhkosti, Česká republika, reanalýza ERA-40

ABSTRACT

The dissertation deals with the flux of moisture in atmosphere, and classification of circulation patterns written by the team of ČHMÚ in the territory of the Czech Republic. ERA – 40 re – analysis data are used for the moisture flow assessment. We examine the time period between September 1957 – August 2002. The flux of moisture is evaluated on four isobaric levels 300, 500, 700, 850hPa in grid point (coordinates 15 east longitude, 50 north latitude). The results confirm dominant West circulation in the territory of the Czech Republic. Western types synoptic situations dominate, by the extreme flux of moisture. In annual run of moisture, we can observe the late minimum and maximum onset. This is caused by the influence of Atlantic Ocean. Analysis of variance is used to prove the bilateral relationship between Classifications of circulation patterns.

KEY WORDS: classification of circulation patterns, the flux of moisture, the Czech Republic, the ERA-40 re-analysis

Prehlásenie :

Prehlasujem, že som túto diplomovú prácu vypracoval samostatne iba za odborného vedenia vedúceho diplomovej práce *RNDr. Miloslava Müllera PhD. z katedry fyzické geografie a geoekologie Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy v Praze* a konzultanta *RNDr. Marka Kašpara PhD. z Ústavu fyziky atmosféry AVČR.*

Ďalej prehlasujem, že všetky podklady, z ktorých som čerpal sú uvedené v zozname použitej literatúry a že som túto prácu nevyužil k získaniu iného akademického titulu.

Dátum : 29. 4 2009

podpis

Pod'akovanie:

Rád by som touto cestou vyjadril svoju vďaku *RNDr. Miloslavovi Müllerovi, Ph.D.* za jeho cenné pripomienky, trpezlivosť a ochotu pri vedení mojej diplomovej práce, a *RNDr. Markovi Kašparovi Ph.D.*, ktorí mi maximálne pomohli a umožnili mi prístup ku všetkým potrebným informáciám.

OBSAH

Zoznam skratiek.....	7
Úvod a cieľ práce.....	8

I Rešeršná časť

1 Typizácie poveternostných situácií.....	11
1.1 Vymedzenie pojmu.....	11
1.2 História	11
1.3 Delenie typizácií	12
1.4 Projekt COST733.....	14
1.5 Príklady rôznych druhov typizácií.....	15
1.6 Typizácie vytvorené a používané v ČR.....	18
2 Tok vlhkosti.....	20
2.1 Vodná para.....	20
2.2 Tok vlhkosti v atmosfére.....	20
3 Metodika a použité dáta.....	23
3.1 Kalendár synoptických situácií.....	23
3.2 Reanalýzy dát ERA-40.....	24
3.3 Metódy spracovania toku vlhkosti.....	25

II Výskumná časť

1 Štatistika typov.....	31
1.1 Štatistika typov a početnosť epizód synoptických situácií.....	31
1.2 Ročný chod typov synoptických situácií.....	32
2 Štatistika toku vlhkosti.....	34
2.1 Štatistika denného chodu veľkosti F_Q	34
2.2 Veľkosti F_Q na jednotlivých izobarických hladinách.....	35
2.3 Vzťah veľkosti a smeru F_Q	36
2.3.1 Relatívna početnosť dní jednotlivých smerov F_Q a veľkostí F_Q	36
2.4 Ročný chod.....	38
2.4.1 Ročný chod smerov F_Q	42
2.4.2 Ročný chod veľkostí F_Q	44
2.4.3 Ročný chod veľkostí zložiek F_Q	45
2.5 Medziročná variabilita veľkostí a smerov F_Q	48
2.5.1 Medziročná variabilita veľkostí F_Q	48
2.5.2 Medziročná variabilita smerov F_Q	49
3 Vzťah F_Q a typov synoptických situácií.....	52
4 Vysoké hodnoty F_Q a typy synoptických situácií.....	55
4.1 Ročný chod smerov F_Q	55
4.2 Vzťah typov synoptických situácií a smerov F_Q	57

5	Vzťah synoptických typov a F_Q počas extrémnych zrážkových udalostí..	59
	Zhrnutie výsledkov a diskusia.....	62
	Záver.....	65
	ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRI A ALŠÍCH PRAMEŇOV.....	66
	Knihy a časopisy.....	66
	Internetové zdroje.....	68

Zoznam skratiek

COST733- Harmonisation and applications of weather type Classifications for European Regions

ČHMÚ- Český hydrometeorologický ústav

DWD- Deutscher Wetterdienst

ECMWF- Európskym centrom pre Strednodobé predpovede počasia

ERA-40-

F_Q - tok vlhkosti ($kg \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$)

F_{QU} - zonálna zložka toku vlhkosti

F_{QV} - meridionálna zložka toku vlhkosti

GME- Global model extended

HMÚ- hydrometeorologický ústav

IPCC- Intergovernmental Panel on Climate Change

LSF- Large Scale Flood

NCEP- National Centers for Environmental Prediction

NCAR- National Center for Atmospheric Research

NASA- National Aeronautics and Space Administration

ρ - hustota vlhkého vzduchu ($kg \cdot m^{-3}$)

Q - špecifická vlhkosť ($kg \cdot kg^{-1}$)

V - meridionálna zložka prúdenia ($m \cdot s^{-1}$)

U - zonálna zložka prúdenia ($m \cdot s^{-1}$)

UTC- Coordinated Universal Time

Úvod a cieľ práce

Extrémne prírodné javy a procesy majú silné dopady na socioekonomickú sféru ľudskej spoločnosti. Sledovaním sprievodných javov vyvolávajúcich tieto procesy sa môžu naše poznatky rozširovať. Jedným z týchto prírodných javov sú aj pôvodne spôsobované enormne vysokými zrážkami. V súčasnosti sú naše vedomosti obmedzené resp. nie sme schopný komplexne sledovať procesy a javy v atmosfére zo všetkých aspektov. Napriek tomu si vedci uvedomili niektoré súvislosti pri skúmaní sprievodných javov počas a pred veľkokapacitnými zrážkami spôsobujúcimi povodne. Jedným z ukazovateľov, ktoré vykazujú abnormálne hodnoty pred a počas dlhotrvajúcich zrážok, je aj tok vlhkosti v atmosfére. Táto veličina sa dosiaľ skúmala v obmedzenej miere, a preto zvýšený záujem o ňu by mohol do celkového poznania vnieť viac svetla.

Pri veľkokapacitných zrážkach spôsobujúcich katastrofické povodne sa okrem toku vlhkosti zvýšená pozornosť venuje aj vývoju synoptickej situácie. Je dokázaná súvislosť medzi výskytom určitého typu synoptickej situácie a extrémnymi zrážkami. Preto je veľmi zaujímavé sledovať vzťahy medzi tokmi vlhkosti, ich veľkosťami a smermi, a typizáciami poveternostných situácií.

Typizácia poveternostných situácií je systém synoptických typov vytvorených na základe denných synoptických máp pre klimatologické predpovede a iné účely. Ešte aj v súčasnosti je populárnym a často využívaným prostriedkom vo vedeckom výskume. Časom vznikli rôzne druhy typizácií. Jednou z nich je aj typizácia poveternostných situácií HMÚ požívaná aj v súčasnosti na území Českej republiky a je aj jedným z nástrojov, ktorý sme použili pri vytváraní tejto práce.

Prvým hlavným cieľom diplomovej práce je skúmať tok vlhkosti na území Českej republiky. Všimáť si závislosť veľkosti toku vlhkosti od smeru toku vlhkosti a jednotlivé vzťahy medzi nimi. V rámci neho sa bližšie zameráme na denný chod toku vlhkosti, porovnanie toku vlhkosti v izobarických hladinách 300, 500, 700 a 850hPa, ročný chod toku vlhkosti a medziročné zmeny toku vlhkosti a tieto získané poznatky budeme interpretovať.

Druhým hlavným cieľom je porovnanie typov synoptických situácií vzhľadom na tok vlhkosti. Skúmať či je vzťah medzi tokom vlhkosti a typizáciami poveternostných situácií. V rámci neho sa štatisticky spracuje početnosť dní synoptických typov, početnosť epizód a ročný chod synoptických typov. Dôležitou súčasťou diplomovej práce je testovanie vzťahu veľkosti a smeru toku vlhkosti a typov poveternostných situácií pomocou analýzy rozptylu.

Tretím hlavným cieľom bude porovnanie extrémnych hodnôt toku vlhkosti a typov poveternostných situácií počas silných zrážkových situácií v ČR.

Predkladaná diplomová práca by mala vnieť viac svetla do problematiky skúmania toku vlhkosti na území Českej republiky. Okrem toho by mala zhodnotiť a porovnať vzťahy medzi všeobecne používanou typizáciou synoptických situácií ČHMÚ a tokom vlhkosti. Ďalej by mala vnieť otázku či je vhodné pri súčasných poznatkoch, metódach výskumu či metódach predpovedi počasia vôbec vhodné sa pridržiavať metodiky ako je subjektívna typizácia poveternostných situácií aj napriek jej neodškriepiteľnému prínosu v hodnotení a predpovedi počasia v minulosti.

I Rešeršná časť

1. Typizácie poveternostných situácií

1.1 Vymedzenie pojmu

„Typizácia poveternostných situácií je systém synoptických typov vytvorených na základe denných synoptických máp pre predpovede klimatologické a iné účely“ (Sobíšek a kol., 1993, s. 348-349).

Mnohé klimatologické štúdie a aplikácie vyžadujú údaje, ktoré sú pretransformované z rozsiahlych súborov dát do relatívne malého počtu odlišných kategórií. Klasifikácie patria medzi nástroje vedeckého skúmania, ktoré nám tieto postupy umožňujú. Cirkulácia vzdušných mäs v atmosfére môže byť popísaná rôznymi spôsobmi. Táto rôznorodosť sa samozrejme prenáša aj na typizácie. Napríklad klasifikovať môžeme na základe spätného hodnotenia trajektórií vzdušných mäs či na základe rozdielnych tlakových útvarov. Pre kratšie časové intervaly (hodiny), alebo pre menšie územia sa vytvárajú typizácie na základe napr. geopotenciálnej výšky, okamžitej hodnoty tlaku na úrovni morskej hladiny, alebo iných premenných, popisujúcich stav ovzdušia v rôznych časových intervaloch (hodinách, dňoch, mesiacoch). Tieto hodnoty sa väčšinou vzťahujú na určitý bod gridovej mriežky (Huth, 2008).

Typizácia synoptických situácií v minulosti slúžila pri predpovedi počasia. V súčasnosti je už iba metodickou pomôckou pri vedeckom výskume.

Typizácia v skutočnosti znamená priradenie určitého klasifikovaného typu ku každému dňu, aj keď v skutočnosti počasia v danom dni nespĺňa charakteristiky daného typu synoptickej situácie. I keď v skutočnosti už nejde o typizáciu, v súčasnosti sa tento výraz ustálil a používa sa z historických dôvodov.

1.2 História

S touto metodikou sa začalo už v druhej polovici 19. storočia a to krátko po kreslení a vydávaní synoptických máp. Veľmi skoro vznikla snaha triediť ich podľa podobného rozloženia tlakových útvarov. Jednou z prvých bola práca (van Bebbber, 1883) týkajúca sa dráh cyklón a práca Multanovského zaoberajúca sa dráhami anticyklón. S postupom času, ako sa hromadil synoptický materiál, množili sa i práce tvoriace poveternostné situácie do určitých typov. Prístup jednotlivých autorov k problematike typovania poveternostných

situácií bol rozličný. Všetci sa však snažili spojiť určitý cirkulačný systém s určitým typom, s určitým priebehom počasia. Podľa toho pre aké veľké územie bola typizácia určená, bol vybraný i rozsah mapy, z ktorej sa typizácia spracovávala. Zároveň so zavádzaním výškových máp, ktoré lepšie znázorňovali riadiace výškové prúdenie, sa prechádzalo od statického rozloženia prízemného tlakového poľa k postupu jednotlivých cyklón a anticyklón, ako už z týchto pomôcok naznačil Van Bebber a Multanovskij.

1.3 Delenie typizácií

Typizácia poveternostných situácií je aj v súčasnosti populárnym a často využívaným prostriedkom vo vedeckom výskume. Početné metódy i druhy typizácie boli vypracované počas minulého storočia. Mnohé typizácie vznikali na základe istej potreby. Sú preto vysoko špecializované a ich možnosti využitia sa zužujú. V poslednom čase sa zvýšený záujem venuje aplikovaniu vzniknutých typizácií so širším záberom na riešenie širokej škály klimatologických problémov. Vedci, ktorí skúmali extrémne prírodné javy si všimli podobnosti medzi určitými typmi synoptických situácií a nadmernými zrážkami. Obava nad dopadmi počasia, zvlášť za účelom pochopenia zmeny globálnej klímy vyvinula potrebu na tvorbu nových, aplikovateľných a širšie použiteľných typizácií.

Každá klasifikácia sa skladá z dvoch hlavných krokov. Prvým je definícia typov synoptických situácií. Druhým je priradenie jednotlivých prípadov zvoleným typom. Pri definovaní typov rozoznávame prístup, keď si typy zvolíme na začiatku procesu a prístup, keď sa nám typy vyvinú počas procesu samotnej typizácie.

Existuje viacero podskupín medzi typizáciami poveternostných situácií (Yarnal, 1993). Medzi prvú podskupinu patria manuálne typizácie, do druhej podskupiny radíme typizácie automatizované. Manuálne typizácie zahrňujú *subjektívne* klasifikácie na základe charakteristík a prejavov určitých tlakových útvarov alebo typov počasia. Následne vznikajú subjektívnou vizuálnou analýzou jednotlivých prehľadných synoptických máp. To znamená, že aj typizácia synoptických situácií aj ich pridelovanie jednotlivým prípadom je čisto subjektívny proces. Medzi najviac známe typizácie tohto druhu patria Mullerova klasifikácia (Muller, 1977), Lambov katalóg (Lamb, 1972) vytvorený pre Britské ostrovy a Grosswetterlagen (Hess, Brezowsky, 1952) používaný a modifikovaný v strednej Európe.

Výhody subjektívnych klasifikácií spočívajú v plnej kontrole vedca nad procesom klasifikácie, zaradením jednotlivých typov do klasifikačnej schémy. Klasifikačný systém tak môže byť prispôsobený konkrétnym výskumným potrebám.

Nevýhoda spočíva v časovej náročnosti vytvárania tohto druhu klasifikácií. Je problém ich aplikovať na rozsiahlejšie územia (každá klasifikácia je väčšinou vytvorená pre konkrétnu oblasť či územie a je „neprenosná“). Takisto netreba zabúdať na subjektívnosť hodnotiaceho a jeho názor pri zaraďovaní jednotlivých kategórií do celkovej schémy a samozrejme diskontinuita, optimalizácia a generalizácia jednotlivých poveternostných situácií. V praxi to znamená, že rozliční vedci inklinujú k rozličným interpretáciám máp a k tvorbe rozdielnych typizácií.

Informačná revolúcia v posledných desaťročiach viedla k vývoju celej rady *objektívnych* (automatizovaných) typizácií poveternostných situácií. To znamená, že typy poveternostných situácií aj priradovanie jednotlivých prípadov k typom je čisto objektívny proces založený na numerických metódach. Medzi ne patria postupy ako procedúry porovnávajúce jednotlivé základné mapy či rôzne vlastné techniky založené na vektorovom princípe, obsahujúce analýzu najdôležitejších komponentov a zhlukovú analýzu. Všetky tieto systémy sa vyznačujú vytváraním klasifikačných skupín z počiatočne zadaných údajov, ktorým prideluje vlastnosti iba na základe čisto štatistických kritérií. Tieto systémy sa napríklad osvedčili pri hodnotení úmrtnosti následkom teplotných extrémov (Kalkstein, 1991). Automatizované metódy sú jednoduchšie použiteľné a všeobecne reprodukovateľné.

Hlavná nevýhoda automatizovaných systémov je ich slabá porovnateľnosť medzi jednotlivými meracími miestami t.j. typizácie platia pre jedno miesto respektíve pre jeden región.

Po preskúmaní výhod a nevýhod subjektívnych a automatizovaných metód sa javí ako najoptimálnejšie riešenie skombinovať tieto dve metódy a vytvoriť metódu *hybridnú*. Už slovo hybridná čiže zmiešaná klasifikácia nám hovorí, že v nej využívame postupy objektívne aj subjektívne. Väčšinou to prebieha tak, že si subjektívne zvolíme typy synoptických situácií a im na základe rôznych postupov ako sú merania vzdialeností pomocou numerických modelov, využitím metód umelej inteligencie či neurónových sietí, priradíme jednotlivé prípady. Pokusy o objektivizáciu subjektívnych metód prebehli s Lambovým katalógom (Lamb, 1972) a typizáciou Hessa a Brezowského (Hess, Brezowsky, 1952).

1.4 Projekt COST733

V poslednom čase vyvstala otázka vytvorenia jednotnej typizácie poveternostných situácií, ktorá by jednotne platila pre celý európsky svetadiel. Túto problematiku sa snaží riešiť COST733. Je to vlastne medzivládna organizácia pre Európu, ktorá koordinuje výskum na vládnej úrovni v rámci Európy. Táto iniciatíva sa skladá z viacerých častí. V prvej časti projektu sa zozbierali metódy a typizácie používané v jednotlivých krajinách. Tieto výsledky sa spracovali a vedci sa snažili nájsť, respektíve vytvoriť, jednotnú univerzálnu a najoptimálnejšiu typizáciu, ktorá by sa mohla využívať v každej európskej krajine na rôzne druhy výskumu. COST733 sa snaží vytvoriť nástroj, s pomocou ktorého by sa uľahčilo skúmanie prírodných javov ohrozujúcich ľudskú spoločnosť, ako sú napríklad smogové periódy, návaly horúčav a sucha, intenzívne privalové dažde, búrky a tornáda. Vedci vo vedúcich pozíciách sa domnievajú, že im to viac ozrejmi skutočnosti kde, kedy a ako často sa tieto javy vyskytujú. Pri skúmaní by sa hlavne chceli zamerať na frekvenciu a početnosť výskytu rovnakých, alebo podobných synoptických javov. Vzťahmi medzi atmosferickou cirkuláciou, klímou a počasím, celkovými zmenami v priestore a čase, dôvodmi týchto zmien. Cieľom týchto výskumov sú modernejšie a presnejšie modely predpovedajúce počasie. Na tento výskum je preto potrebné vytvoriť jednotný štatistický popis poveternostných situácií a na to nám má slúžiť vznikajúca jednotná typizácia poveternostných situácií. Hlavný súčasný problém spočíva v rozdielnych typoch klasifikácií. V Európe ich existuje viacero druhov, a tie sa líšia v rozdielnych mierkach, kritériách a metódach. Operujú na rôznych dátových základoch a líšia sa počtom a typmi počasia. Taktiež boli väčšinou vytvorené za rôznym účelom aplikácie. Súčasne používané európske klasifikácie sú subjektívne (manuálne) klasifikácie, postupy porovnávajúce jednotlivé základné mapy na základe zhlukovej analýzy, metódy na báze vektorov, metódy využívajúce priemerovanie či indexy cyklonality.

COST733 iniciatíva si dáva za cieľ vytvoriť typizáciu, ktorá bude využiteľná pre každý európsky región, bude sa dať aplikovať na rôzne druhy výskumu, najkratší krok bude v rozsahu 12 hodín až 3 dní a bude musieť byť založená na štandardných dátových sadách ako napr. ERA-40.

Doterajšie výsledky COST733 sú, že doposiaľ bol vyvinutý dátový súbor, ktorý sa skladá z katalógu 27 rôznych metód typizácií poveternostných situácií. Tieto metódy sa používajú v rôznych zostavách takže v súčasnej dobe existuje 73 rôznych variant. Všetky katalógy fungujú na báze údajov ERA-40. 21 metód je použiteľných vo všetkých európskych

regiónoch. V celej Európe bolo definovaných 12 domén, na základe ktorých bolo možné testovať a vyhodnotiť klasifikácie a klasifikačné metódy pre všetky európske regióny. Zvyšných 6 klasifikácií sa vyvinulo pre špecifické oblasti a sú to väčšinou manuálne subjektívne klasifikácie. Tieto metódy zahŕňujú typizáciu Hessa a Brezowského (Hess, Brezowsky, 1952) a Lambov katalóg (Lamb, 1972). Z tohto základu sa následne vytvorí výsledná univerzálna klasifikácia, ktorá je vlastne cieľom COST733. Táto klasifikácia sa bude posudzovať, hodnotiť, aplikovať a nakoniec sa bude prezentovať správa o novej metóde hodnotenia.

1.5 Príklady rôznych druhov typizácií

Subjektívna klasifikácia vytvorená a dlhé roky používaná vo Švajčiarsku je typizácia poveternostných situácií podľa Schüeppa (Schüepp, 1968). Počasie vo Švajčiarsku sa podľa tejto klasifikácie denne klasifikuje nepretržite od roku 1945. Subjektívna klasifikácia sa zameriava na meteorologické podmienky v oblasti definovanej ako kruh s polomerom 2 stupňov (približne 222 km) okolo bodu 46,5° severnej šírky a 9° východnej dĺžky. Tento bod sa nachádza neďaleko priesmyku svätého Gottharda. Počasie sa radí do typov na základe pohybu vzduchových hmôt vo vertikálnom a horizontálnom smere. Klasifikuje sa na základe analýzy údajov ako sú tlak, smer a sila vetra na izobarickej hladine 500hPa vo vybraných meteorologických staniách. Typizácia pracuje so 40 typmi počasia. Tieto typy môžeme rozdeliť do troch hlavných skupín a 10 základných typov. V skúmanom časovom období si môžeme všimnúť viacero disproporcií. Hlavné disproporcie sú badateľné od sedemdesiatych rokov u všetkých troch hlavných skupín. Disproporcie sa pripisujú zmenám podnebia badateľným v celej Európe, ale hlavne generačnou výmenou osôb zodpovedných za typizáciu. Tieto nespojitosti obmedzujú výskum na základe tejto typizácie a vyvstávajú isté problémy pri sledovaní dlhodobých zmien globálnej klímy. Došlo k pokusom o vytvorenie objektívnej typizácie na základe gridového poľa (Salvisberg, 1996). Táto metóda je založená na štyroch gridových bodoch a hodnotí parametre: silu vetra pri zemskom povrchu, silu vetra vo vyšších hladinách atmosféry, hodnoty tlaku na hladine 500hPa a tlakové rozvrstvenie atmosféry. 47% dní sa zhoduje so subjektívnou klasifikáciou, ale úspešnosť zhody je premenlivá a závisí od typu počasia a sezonalite.

Nemecká meteorologická služba pracuje na báze údajov získaných z objektívnej typizácie vytvorenej Bissollim a Dittmannom (Bissolli, Dittmann, 2001). Dáta boli získané z modelu

GME (Global Model extended). GME má horizontálne rozlíšenie asi 40 km. Typy poveternostných situácií sú vyčlenené na základe týchto kritérií: advekčná vzduchová hmota opísaná horizontálnymi zložkami vetra na hladine 700hPa, cyklonalita opísaná druhou deriváciou geopotenciálu dvoch tlakových hladín na úrovni 950hPa a 500hPa a vlhkosť opísaná zrážkovou vodou odvodenou z údajov teploty a vlhkosti piatich vrstiev vzduchových hmôt v troposfére. Klasifikovaná oblasť zahŕňa Nemecko a príľahlé územia. Zo získaných kritérií sa vytvorili nasledovné skupiny:

5 advekčných skupín - severovýchodná (NE), juhovýchodná (SE), juhozápadná (SW), severozápadná (SZ) a skupina, v ktorej neprevláda žiadne veterné prúdenie

2 cyklonálne skupiny (na úrovni 500hPa a 950hPa) - cyklóna alebo anticyklóna

2 vlhkosťové skupiny - vlhká a suchá

Pri skombinovaní všetkých možností vznikne výsledných 40 typov poveternostných situácií.

Na získavanie údajov používa nemecká meteorologická služba približne 4000 meteorologických staníc. Z týchto dát sa po úprave vzhľadom na nadmorskú výšku a prepočítaním hodnôt na morskú hladinu vytvorí gridová mriežka. Pomocou nej sa vytvárajú mapy typizácií poveternostných situácií. Takéto mapy sa každodenne vytvárajú od roku 1980. Na rozdiel od subjektívnych typizácií tieto mapy ukazujú len podobné, nie však identické meteorologické situácie. Výhodou je kontinuita máp a možnosť sledovania dlhodobých zmien zemskej klímy.

Medzi hybridné typizácie patrí metóda vypracovaná Jenkinsonom a Collinsonom. (Jenkinson, Collinson, 1977). Táto metóda bola použitá pre územie Talianska a príľahlé moria, hlavne Tyrhénske a Jadranské more. Vedci pracovali s údajmi v rozmedzí rokov 1953 až 2003. Ich štúdiá sa zamerala hlavne na vzťahy medzi rôznymi cirkulačnými modelmi a lokálnymi morskými a atmosférickými podmienkami (prevládajúci druh veterného prúdenia či výška vln), v Tyrhénskej a Jadranskej panve. Na svoj výskum použili objektívnu Jenkinsonovu a Collinsonovu typizáciu, ktorá zas vychádzala z Lambovho katalógu (Lamb, 1972). Jenkinsonova typizácia využíva denné hodnoty tlaku na úrovni morskej hladiny rozmiestnené v gridovej mriežke o veľkosti $2,5^\circ \times 2,5^\circ$. Na základe týchto údajov sa určí typ počasia v daný deň. Následne, pomocou povrchovej cirkulácie, smeru miestnych vetrov a výšky morských vln, bolo možné rozoznať súvislosti medzi typizáciou a miestnymi podmienkami. Jenkinsonova a Collinsonova metóda využíva 26 typov synoptických situácií. 8 typov založených na prevládajúcom smere prúdenia potom typy cyklonálny, anticyklonálny, hybridné a neklasifikované typy. Z týchto typov sa v projekte využilo 10 typov a to už spomínaných 8 založených na prevládajúcom smere prúdenia, typ cyklonálny

a anticyklonálny. V ďalšej časti výskumu vedci zisťovali vzťahy medzi typmi synoptických situácií a miestnymi podmienkami. Používali denné údaje o vetre z meteorologických staníc v Ponze a na Bari a denné údaje o morských vlnách z morských bójí nachádzajúcich sa na mori neďaleko meteorologických staníc. Výsledkom porovnávaní synoptických situácií s údajmi o smere prúdenia vetra a údajov o morských vlnách boli isté vzťahy, medzi ktorými sa hľadali určité zákonitosti. Cieľom štúdie bolo zistiť aj možnosť použitia typizácie synoptických situácií v morských podmienkach. Problémy nastávajú ak sa typizácia použije na hodnotenie malých území. Naopak veľmi sľubné a relevantné výsledky sa dosahujú pri extrémoch (vysokých rýchlostiach vetra či pri extrémnych výškach vln). Analýza získaných trendov poukazuje na zmenu frekvencií nástupov cyklonálnych a anticyklonálnych situácií.

Ďalšou hybridnou klasifikáciou je aj klasifikácia podľa Enkeho (Enke, Schneider, Deutschländer, 2005). Autori na vytvorenie už spomínanej štúdie použili dva druhy dát a to: synoptické údaje o rozvrstvení vzduchových hmôt a údaje získané meraniami na pozemných nemeckých meteorologických staniach. Pomocou týchto dát sa vytvorila gridová mriežka s rozlíšením $2,5^\circ$ s centrom 51° severnej šírky a 10° východnej dĺžky. Údaje o rozvrstvení vzduchových hmôt v horných vrstvách atmosféry boli získané z reanalýz NCEP dát. Pre túto metodiku sa dajú využiť aj dáta z reanalýz ERA-40 avšak NCEP dáta majú voči ERA-40 výhodu v tom, že sú neustále aktualizované. Táto hybridná metóda požaduje na začiatok predvoliť presný počet typov poveternostných situácií, ktoré závisia od skúmanej oblasti, ako aj od druhu výskumu. Počet typov môže byť prebratý aj z inej subjektívnej typizácie, ako napr. typizácie Hessa a Brezowského. Následným krokom je výpočet algoritmov, odrážajúcich zložité synoptické ukazovatele, pre každý typ poveternostnej situácie získaný subjektívnou metódou. Nakoniec sa hľadajú kombinácie vstupných premenných, ktoré keď sú využívané pri priradovaní údajov k jednotlivým synoptickým typom vykazujú minimálne množstvo chýb v porovnaní so subjektívnymi typizáciami. Vyššie popísaná hybridná metóda sa dá uplatniť napríklad pri odvodzovaní cirkulačných ukazovateľov. Taktiež môže byť použitá pri výpočte predpovedi cirkulačného režimu. Tieto informácie sa následne využívajú pri štúdiách klimatických dopadov rôzneho druhu.

Schwartz (1991) vyvinul metódu na klasifikáciu typizácií počasia pre centrálnu časť USA. Počiatočný výber šiestich základných synoptických situácií je subjektívny. Teploty rosného bodu pre každý typ synoptickej situácie sú prevzaté z dní, keď počasie v daný deň danému typu najviac zodpovedá na základe odvodenej trajektórie. Normálové krivky sú následne odvodené pre každý typ počasia za predpokladu, že celková distribúcia daného parametru sa

skladá z niekoľkých prekrývajúcich sa normálových kriviek. To následne vytvára limity parametrických hodnôt pre každý typ počasia platný pre každú stanicu na jeden mesiac.

Iný postup vyvinuli Frakes a Yarnal (Frakes, Yarnal,1997). Pomocou hybridnej metódy vyprodukovali klasifikačné mapy. Ich metóda spočívala v každodennom triedení denných máp tlaku na úrovni morskej hladiny zahŕňajúce východné pobrežie USA a rozdeľuje ho do desiatich rozdielnych klasifikačných skupín a jednej neklasifikovateľnej. K hlavným tlakovým poliam boli na základe subjektívneho výberu priradené tzv. kľúčové dni. Následne sa pomocou korelačného limitu tieto kľúčové dni priradzovali k odpovedajúcej klasifikačnej skupine máp. Z výsledkov vyplynulo, že bola priradená menej než polovica kľúčových dní. Autori sa však domnievali, a výsledky to čiastočne naznačujú, že pomocou tejto metódy dosiahli hodnovernejšie výsledky ako na základe čisto subjektívnej či objektívnej (automatizovanej) metódy.

1.6 Typizácie vytvorené a používané v ČR

Pre územie ČR a SR sa postupne používalo viacero typizácií synoptických situácií. Zo začiatku sa používala typizácia Hessa a Brezowského (Hess, Brezowsky,1952). Tá sa na naše územie celkom nehodila, pretože obsahovala klimatické prejavy určitých tlakových útvarov, ktoré sa vyskytovali len nad územím západného Nemecka, pre ktoré bola vytvorená. Značným nedostatkom je aj to, že sa v nej vyskytujú nezaradené dni a nerešpektuje prirodzené synoptické obdobia. Neskôr vznikli pre územie ČR aj ďalšie typizácie (Brádka, J., et al., 1961) a (Ballon, L., et al., 1964). Majú však len obmedzenú možnosť použitia, pretože platia len pre vybrané dni a krátke obdobia. Typizácia Reina (Rein, 1959) je vhodná len pre účely dynamickej klimatológie, teda pre spracovávanie chodu meteorologických prvkov.

V súčasnosti sa na území ČR a SR používa typizácia poveternostných situácií HMÚ (Kolektív HMÚ,1968). Je to typizácia poveternostných situácií Európy, ktorá vznikla pod vedením J. Brádku v HMÚ. Za základ si brala katalóg Hessa a Brezowského a taktiež staršia typizácia Brádka et al.(1961) a Ballona et al.(1964) pričom sa snažila zachovať prirodzené synoptické obdobia podľa definície Multanovského. Typizácia HMÚ obsahuje 25 synoptických situácií, ktorých popis je možné nájsť v zmienenom metodickom predpise. Každé obdobie s výskytom danej synoptickej situácie je charakterizované určitým smerom prúdenia či jeho typickými krátkodobými zmenami, režimom tlakového poľa, spôsobom prechodu front a prílivom vzduchových mäs určitého pôvodu alebo ich striedaním. Okrem

toho má daný typ obdobia charakteristický nástup, priebeh a zakončenie. Každý typ musí mať aspoň dvojdňové trvanie s výnimkou putujúcich anticyklón (Ap). Berie zreteľ na tlakové pole nad strednou Európou a meteorologické podmienky nad ČR a SR. Je vhodná pre synoptickú meteorológiu a taktiež aj pre dynamicko-klimatologické spracovanie. Vyjadruje kompromis medzi zachovaním prirodzených synoptických období a rešpektovaním období s jednotlivým počasím. Táto publikácia sa používa do súčasnosti a je metodickým predpisom pre typizáciu. Kalendár synoptických situácií bol zostavený na základe typizácií vytvorených pre územie celého Československa pre obdobia rokov 1946-1965 dvoma skupinami pracovníkov HMÚ nezávisle na sebe, podľa prízemných a výškových máp barického poľa.

Hore popísaný spôsob vymedzovania synoptických situácií sa používa dodnes. Kalendár pre obdobia 1946-1971 bol publikovaný v Katalógu poveternostných situácií pre územie ČSSR (kolektív HMÚ, 1972). Pre nasledujúce roky až do súčasnosti je kalendár raz za rok publikovaný v časopise Meteorologické zprávy. Od roku 2002 je kompletný kalendár dostupný tiež na webových stránkach Českého hydrometeorologického ústavu (www.chmi.cz/meteo/om/mk/syntypiz/kalendar.html).

Tab.1 Prehľad synoptických situácií podľa typizácie kolektívu HMÚ (Kolektív synoptickej a leteckej služby HMÚ, 1968).

skratka	synoptická situácia	skratka	synoptická situácia
Wc	západná cyklonálna situácia	Sa	južná cyklonálna situácia
Wcs	západná cyklonálna situácia s južnou dráhou	SWc ₁	juhozápadná cyklonálna situácia
Wa	západná anticyklonálna situácia	SWc ₂	juhozápadná cyklonálna situácia
Wal	západná anticyklonálna situácia letného typu	SWc ₃	juhozápadná cyklonálna situácia
NWc	severozápadná cyklonálna situácia	SWa	juhozápadná anticyklonálna situácia
Nwa	severozápadná anticyklonálna situácia	B	brázda nízkeho tlaku nad strednou Európou
Nc	severná cyklonálna situácia	Bp	brázda postupujúca cez strednú Európou
NEc	severovýchodná cyklonálna situácia	Vfz	vchod frontálnej zóny
NEa	severovýchodná anticyklonálna situácia	C	cyklóna nad strednou Európou
Ec	východná cyklonálna situácia	Cv	cyklóna výšková
Ea	východná anticyklonálna situácia	A	anticyklóna nad strednou Európou
SEc	juhovýchodná cyklonálna situácia	Ap	putujúca anticyklóna
SEa	juhovýchodná anticyklonálna situácia		

2. Tok vlhkosti

2.1 Vodná para

Vodná para patrí medzi najdôležitejšie skleníkové plyny. Jej množstvo v atmosfére kolíše v závislosti na dennom režime na rozdiel od koncentrácie ostatných skleníkových plynov ako sú napríklad metán či oxid dusný. Množstvo oxidu uhličitého v atmosfére kolíše tiež, ale nie v dennom chode, ale ročnom chode. V poslednom čase výskumníci pozorujú zmeny koncentrácií skleníkových plynov v atmosfére, ktoré sú spôsobené s najväčšou pravdepodobnosťou antropogénnou činnosťou. Zvýšené koncentrácie skleníkových plynov spôsobujú skleníkový efekt a roztáčajú špirálu ohrievania globálnej klímy. Vodná para má v tomto systéme dôležité miesto, keďže zvyšovaním teploty sa jej do atmosféry dostáva viac. Organizácia IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) zistila, že zvyšovaním vodnej pary sa z dlhodobého hľadiska ovplyvňuje teplotná bilancia Zeme.

Poznáme viaceré zdroje vzdušnej vlhkosti. Najväčším zdrojom je samozrejme svetový oceán. Pre rozmiestnenie vlhkosti v atmosfére je dôležitá evapotranspirácia. Patrí jej nezanedbateľné miesto pri ovplyvňovaní regionálnych podmienok, najmä čo sa týka výskytov sucha či katastrofických povodní. Vzdušná vlhkosť pomáha odstraňovať z atmosféry rôzne polutanty antropogénneho či prírodného pôvodu (James et al., 2004).

2.2 Tok vlhkosti v atmosfére

V súčasnosti patrí medzi najväčšie výzvy pochopiť a poznať transport vody v atmosfére nielen z kvalitatívneho, ale najmä z kvantitatívneho hľadiska. Vedci ešte nedokážu s presnosťou určiť koľko vody sa nachádza v atmosfére, z akého zdroja pochádza, respektíve ako dlho sa v tej atmosfére udrží kým spadne na zem. Podobne nedokážu s väčšou presnosťou popísať kvantitatívne toky vlhkosti v atmosfére. Napríklad pri vzniku búrky nie je dôležité len instabilné zvrstvenie atmosféry, ale aj množstvo vodnej pary v atmosfére, ktoré pochádza hlavne z evapotranspirácie, čiže sa do atmosféry dostáva druhotne až výparom, hlavne z biomasy (transpirácia).

Množstvo štúdií preukázalo významný vzťah medzi extrémnymi zrážkami a evapotranspiráciou. Práca (Bosilovich, Sun, 1999) dokazuje, že záplavy v roku 1993 pozdĺž rieky Mississippi boli spôsobené extrémnymi zrážkami, pričom až 20% vody obsiahnutej v zrážkach sa do atmosféry dostalo druhotným výparom.

Extrémne prírodné úkazy ako sú povodne, podnietili vedcov k vývoju nových metód, ktoré nám vnášajú viac svetla do skúmania tokov vlhkosti v atmosfére. Jednou z nich je aj izotopová metóda. Zameriava sa na sledovanie izotopov vodíka a kyslíka vo vodnej pare. Izotopové odchýlky nám napovedia odkiaľ daná molekula vody pochádza. Takto sa preukázala závislosť zrážok v Ománe z dvoch hlavných zdrojnic z Indického oceána a z oblasti Stredozemného mora (Weyhenmeyer et al., 2002). Podobnú metódu použili na zistenie zdroja zrážok v Japonsku (Yamanaka et al., 2002). Hlavnou nevýhodou tejto metodiky je nákladný a časovo náročný rozbor vody.

Vedci skúmajúci prípady extrémnych dlhotrvajúcich zrážok, vyvolávajúcich rozsiahle povodne, si všimli anomálie určitých veličín pred a počas týchto katastrofických prírodných javov. Tok vlhkosti hodnotia na danom mieste a všímajú si hlavne jeho zosilnené prúdenie medzi dvoma anomáliami synoptických ukazovateľov. Výskumy preukázali zjavnú súvislosť medzi nepretržitým vysokým tokom vlhkosti počas dlhotrvajúcich rozsiahlych zrážok v oblasti strednej Európy. Výskumy v prácach (Řezáčová et al., 2005) a (Müller et al., 2009) dokázali, že tok vlhkosti dosahoval anomálne hodnoty tesne pred a počas význačných zrážkových udalostí v Čechách.

V práci (Müller et al., 2006) sa sústredili na vytvorenie indexu LSF (Large Scale Flood), ktorý v sebe zahrňal viacero synoptických veličín. Tie boli vyberané na základe ukazovateľov extremity počas význačných zrážkových situácií spôsobujúcich rozsiahle povodne. Dôraz sa dával na: meridionálny tok vlhkosti, zonálny tok vlhkosti na hladinách 500 a 850hPa, konvergencia vlhkosti, vertikálna rýchlosť na hladine 850hPa a nakoniec potenciólna vorticitá na hladine 330hPa. Dáta boli získane z reanalýz ERA-40. Sledovali sa význačné zrážkové udalosti v sledovanom období 1958-2002. Pracovalo sa s časovým intervalom piatich dní, ktoré boli určené vzhľadom na vrchol zrážkovej epizódy a to: D-2, D-1, D, D+1, D+2. Vo väčšine prípadov zaznamenal index LSF zvýšené hodnoty pri zrážkových udalostiach, ale v niektorých prípadoch vykázal silné podhodnotené výsledky. Autori to pripisujú rôznym príčinám ako sú: podiel prívalových zrážok z celkových zrážok, vysoká nasýtenosť povodí, výskyt povodní na tokoch, kde orografický efekt nie je natoľko výrazný. Do budúca táto metodika načrtáva istý nástroj na predpovede extrémnych zrážok spôsobujúcich povodne po čiastočnej optimalizácii výberu prediktorov a zdokonalení metodiky ich hodnotenia.

Metódu numerických modelov použili vo svojej práci (James et al., 2004). Sústreďujú sa na numerické modelovanie podmienok, ktoré zapríčinili katastrofické povodne rieky Labe a jej prítokov z augusta 2002. Tiež sa podobne ako (Keil et al., 1999) zameriavali na tok

vlhkosti v atmosfére, ale uvažovali o ňom ako o 1 kg vodnej pary, ktorá pretečie cez 1 m² za 1 s. Primárne sa zameriavali na zdroje vzdušnej vlhkosti a spätné modelovanie trajektórií jej tokov v dňoch 11. až 13. augusta 2002. Na modelovanie týchto trajektórií využili 3D gridový model FLEXTRA s vysokým rozlíšením meteorologických analýz, aby následne vypožorovali vzťahy medzi evapotranspiráciou a následnými zrážkami. Aj napriek zjavnému podhodnoteniu zrážok modelom ERA-40, vedcom poskytol dostatočné kvalitatívne údaje na nasimulovanie skúmanej situácie. Vedci určili rôzne trajektórie toku vlhkosti a vypočítali pre ne obsahy vzdušnej vlhkosti, aby mohli určiť hlavné príčiny extrémnych zrážok. Zistili že, trajektórie končili nad oblasťami s anomálnymi úhrnmi zrážok. Ich trajektórie mali tvar kompaktnej krivky začínajúcej v západnom Stredomorí a v Jadranskom mori, presúvajúc sa ponad Srbsko, Maďarsko a Slovensko až nad Čechy, kde končila. Nevýhody tejto metódy spočívajú v náročnom niekoľkodňovom spätnom výpočte množstva trajektórií s hustým časovým intervalom, čo je značne neefektívne, keďže väčšina trajektórií má identický tvar a prekrývajú sa.

Odlišný prístup využili v práci (Keil et al., 1999), ktorý skúmali príčiny extrémnych zrážok, ktoré vyústili v katastrofické povodne počas júla 1997 v Českej republike a v južnom Poľsku. Dôraz dávali na tok vlhkosti, ktorý chápali ako rozdiel medzi prítokom a odtokom vlhkého vzduchu nad daným vymedzeným priestorom. Vedci na výskum využili hydrostatický model krátkeho dosahu, ktorý využíva DWD (Deutscher Wetterdienst) od roku 1993. Vzdialenosť medzi jednotlivými gridmi tohto modelu bola približne 14km. Sledované územie malo veľkosť približne 360 000 km². Vzhľadom na veľkosť gridu boli údaje a výstupy čiastočne parametrizované. Model pracoval v 6-hodinových krokoch. Sledoval vznik a prúdenie toku vlhkosti nad pozorovanou oblasťou. Vedci pracovali s advekčným tokom vlhkosti. Získali ho ako rozdiel pritekajúceho a odtekajúceho toku vlhkosti v danej oblasti. Výsledkom štúdie bol preukázaný vzťah medzi extrémnymi zrážkami a anomálnym tokom vlhkosti. Táto metodika mala oproti predchádzajúcim výhodu v tom, že pracovala so štandardnými dátami používanými dlhé roky.

3. Metodika a použité dáta

3.1 Kalendár synoptických situácií

Medzi hlavné zdroje údajov v práci patrí typizácia poveternostných situácií HMÚ (Kolektív HMÚ, 1968). Ako zdroj sme si zvolili túto typizáciu z viacerých dôvodov. Prvým je, že aj v súčasnosti patrí medzi používané nástroje vedeckého výskumu a je neprestajne doplňovaná o aktuálne údaje. Pre odbornú verejnosť je až notoricky známa a nie je potrebné sa s ňou bližšie oboznamovať.

Druhým je, že kalendár synoptických typov sa pre Českú republiku neprestajne zostavuje od roku 1946. Z tohto katalógu sme si vyčlenili sledované obdobie od septembra 1957 až do augusta 2002 vzhľadom na to, aby bolo kompatibilné z údajmi ERA-40.

Katalóg pozostáva z 25 synoptických typov pričom typ Ap-putujúca anticyklóna je ešte rozdelený na štyri subtypy Ap₁, Ap₂, Ap₃ a Ap₄. Vzhľadom na počet synoptických typov by bolo neprehľadné posudzovať ich štatistické ukazovatele, rozdelenie a porovnávanie s tokom vlhkosti v atmosfére. Preto sa týchto 25 synoptických typov rozdelilo na 11 skupín. Keďže sa porovnávajú s tokom vlhkosti a jedným z hlavných kritérií tejto vektorovej veličiny je aj smer prúdenia, tak sa zlúčili do skupín podľa prevládajúceho smeru prúdenia a to následne:

1. skupina- A, Ap₁, Ap₂, Ap₃, Ap₄
2. skupina- Vfz, C, Cv
3. skupina- B, Bp
4. skupina- SEc, SEa
5. skupina- Ec, Ea
6. skupina- NEc, NEa
7. skupina- Nc
8. skupina- NWc, NWa
9. skupina- Wc, Wcs, Wa, Wal
10. skupina- SWc₁, SWc₂, SWc₃, SWa
11. skupina- Sa

3.2 Reanalýzy dát ERA-40

Vedci už dlhé roky využívajú metódu reanalýz na vedecké skúmanie. Prvé kroky pri tvorbe globálnych reanalýz sa konali v roku 1979. Táto myšlienka sa stretla s veľkým záujmom vo vedeckej komunite a na základe vypracovanej metodiky vznikli tri veľké projekty reanalýz. Prvým projektom bola ERA-15 obsahujúca reanalýzy od roku 1979 vytvárané ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts). Druhým sa tvorili reanalýzy dát od roku 1948. Tento projekt vytvárala US NCEP (National Centers for Environmental Prediction) v spolupráci s NCAR (National Center for Atmospheric Research). Posledným projektom boli 16-ročné reanalýzy od roku 1980 vytvorené Úradom pre prispôsobenie dát z NASA. Tieto tri projekty zaraďujeme do prvej generácie reanalýz. Znamenali obrovský pokrok vo vedeckom skúmaní, avšak mali celé množstvo nedostatkov. Po vylepšení metodiky a odstránení chýb vznikla druhá generácia reanalýz (Uppala et al., 2005).

ERA-40 je projekt druhej generácie reanalýz, na základe ktorého boli pomocou informačných technológií spracované dáta o počasí v časovom rozsahu od septembra 1957 do augusta 2002, to jest 45 rokov. Na získanie týchto údajov boli použité rôzne zdroje ako rádiosondy, balóny, lietadlá, morské meteorologické bóje a satelity. Tie boli rozmiestnené po celom svete za účelom získania čo najpresnejších údajov. Dáta boli následne spracované Európskym centrom pre strednodobé predpovede počasia (ECMWF). Zmluvným distribútorom spracovaných dát je DWD (Deutscher Wetterdienst). Na základe spracovaných údajov bol vytvorený model počasia. Tento model má nasledujúce základné charakteristiky: je počítaný pre 60 vertikálnych hladín, v horizontálnom smere pracuje s urezanými vlnovými číslami väčšími ako 159 (T159), sféricko-harmonické zobrazenie základných dynamických polí používa redukovanú Gaussovú mriežku (s približne homogénnym 125 km krokom na povrchu) a polia sú archivované v štandardnej 2,5° mriežke rovnako ako aj v ich základnom modelovom tvare (T159 sférická harmonická alebo zodpovedajúca redukovaná Gaussova mriežka). Tento model počasia bol vytvorený hlavne za účelom štatistického spracovania historických klimatických máp. Táto metodika je jednotná pre celý svet a je vedcami všeobecne prijímaná a používaná na vedecké účely.

3.3 Metódy spracovania toku vlhkosti

Tok vlhkosti je vektorová veličina. Je jednou z mnohých, ktorá nám pomáha charakterizovať počasie aj podnebie v danej oblasti. Vektorová veličina znamená, že pri jej hodnotení nie je dôležitá len veľkosť veličiny, ale aj jej smer. Preto je pri jej hodnotení dôležité prihliadať komplexne na všetky jej aspekty.

Tok vlhkosti patrí medzi odvodené veličiny ERA-40, ktoré sú odvodené zo základných veličín ERA-40 (tab. 2).

Tab.2 Základné veličiny ERA-40

Skratka	Názov	Jednotky
1. DIV	Horizontálna divergencia prúdenia	[s ⁻¹]
2. PPP	Tlak vzduchu prepočítaný na hladinu mora	[Pa]
3. PVX	Potenciálna vorticita (vertikálna zložka)	[m ² . s ⁻¹ . K.. kg ⁻¹]
4. QQQ	Špecifická vlhkosť	[kg. kg ⁻¹]
5. RVX	Relatívna vorticita (vertikálna zložka)	[s ⁻¹]
6. TAU	Teplota rosného bodu	[°C]
7. TTT	Teplota vzduchu	[°C]
8. UUU	Zonálna zložka prúdenia	[m. s ⁻¹]
9. VVV	Meridionálna zložka prúdenia	[m. s ⁻¹]
10. WWW	Vertikálna zložka prúdenia (p-systém)	[Pa. s ⁻¹]
11. ZZZ	Geopotenciál	[m ² . s ⁻²]

Keďže je to vektorová veličina pozostáva z viacerých zložiek. V našom prípade počítame s meridionálnou (severojižnou) zložkou F_QV ($kg.m^{-2}. s^{-1}$) a so zonálnou (východozápadnou) zložkou F_QU ($kg. m^{-2}. s^{-1}$). Na výpočet zložiek toku vlhkosti F_QU a F_QV sa používa vzťah:

$$F_QU = \rho UQ, \quad (1)$$

$$F_QV = \rho VQ, \quad (2)$$

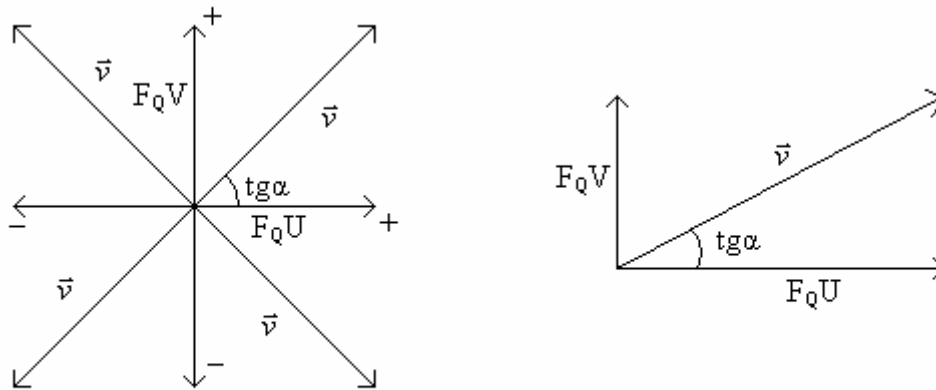
pričom platí: ρ - hustota vlhkého vzduchu ($kg.m^{-3}$), Q - špecifická vlhkosť ($kg. kg^{-1}$),

V -meridionálna zložka prúdenia ($m. s^{-1}$), U - zonálna zložka prúdenia ($m. s^{-1}$) (Řezáčová a kol., 2003). Zložky F_QV a F_QU sú na seba kolmé, keďže pracujeme v štandardnej vzťažnej sústave.

Aj zložky vektora majú výpovednú hodnotu, ale len čo sa týka smeru prúdenia. Na (obr. 1) môžeme vidieť, že kladná meridionálna zložka predstavuje južné prúdenie F_Q . Záporná meridionálna zložka predstavuje severné prúdenie F_Q . Kladná zonálna zložka predstavuje západné prúdenie F_Q a nakoniec záporná zonálna zložka predstavuje východné prúdenie F_Q . Tento postup sme použili pri hodnotení zložiek F_Q v kapitole 2.4.3 a to tak, že sme zo súboru

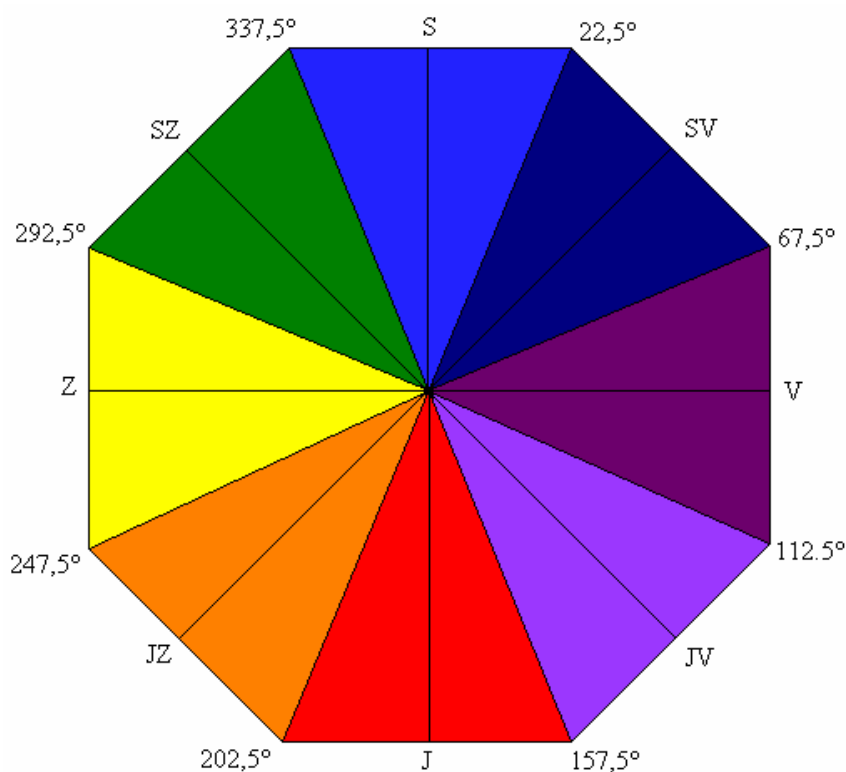
vyselektovali zložky na základe vypočítaných smerov F_Q . Uvažovali sme len o hlavných svetových stranách juh, sever, východ a západ, pretože zložky F_Q nám neposkytujú údaje o medzných svetových stranách severovýchod, juhovýchod, juhozápad a severozápad.

O veľkosti môžeme uvažovať až pri vektorovom súčte F_{QU} a F_{QV} . Veľkosť vektora F_Q sa získala jednoduchým vektorovým súčtom zložiek F_{QV} a F_{QU} (obr. 1).



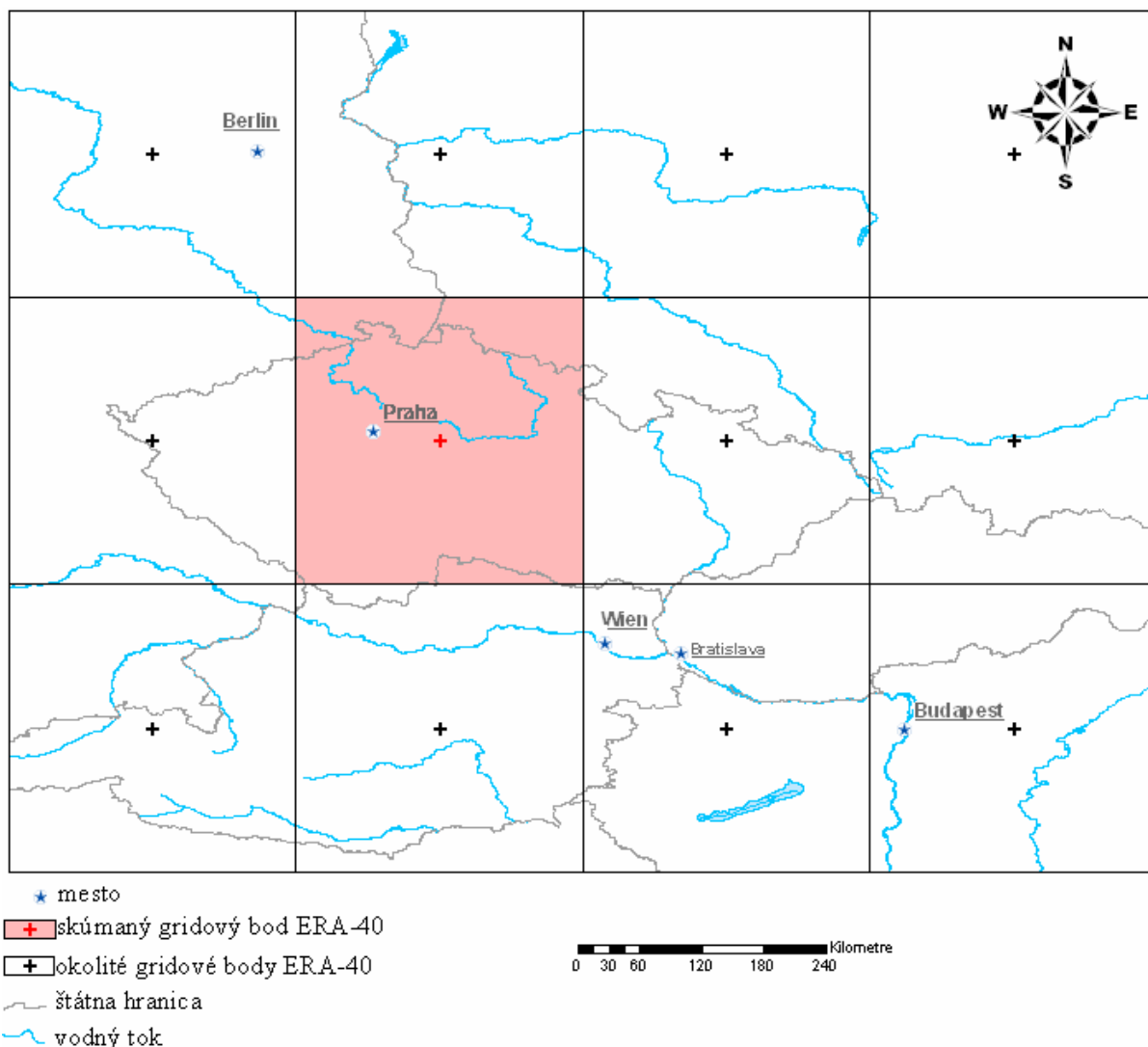
Obr.1 Schéma zložiek toku vlhkosti a určenie jeho veľkosti. V ľavej časti obrázku je znázornený vektorový súčet zložiek F_{QV} a F_{QU} s následným výpočtom vektora. Vzor výpočtu vektora je znázornený pre každý kvadrant. V pravej časti obrázku je naznačený konkrétny výpočet konkrétneho vektora.

Okrem veľkosti vektora sme uvažovali aj o jeho smere. Na vymedzenie smerov sa štandardne zvolilo osem diskretných smerov svetových strán (obr. 2). Každému z vypočítaných smerov vektora sa priradila jedna z uvažovaných strán. Farby zodpovedajú farebnému označeniu výsledkov v praktickej časti práce.



Obr. 2 Smerová ružica toku vlhkosti. Obrázok znázorňuje smerovú ružicu. Krajné kvantitatívne hodnoty svetových strán sú vymedzené stupňami.

V jednotlivých podkapitolách praktickej časti sa selektívne hodnotili ukazovatele toku vlhkosti. Záviselo to od vypovedajúcej hodnoty ukazovateľa toku vlhkosti. Niekde sa uvažovalo o toku F_Q na vybranej izobarickej hladine, pretože na ostatných hladinách sa rozdiely strácajú, resp. nemajú dostatočnú výpovednú hodnotu. Podobne sme uvažovali o smere toku F_Q . V niektorých podkapitolách sme hodnotili smer aj veľkosti F_Q . V jednej sme hodnotili aj veľkosť jednotlivých zložiek F_Q a to F_{QU} a F_{QV} . V ostatných kapitolách sme zložky prúdenia F_{QU} a F_{QV} neposudzovali vzhľadom na určujúcu veľkosť vektora, čo pri zložkách nemôžeme hodnotiť.



Obr. 3 Mapa okolia skúmaného gridového bodu. Mapa znázorňuje sledované územie, ktoré pokrývajú dáta reanalýz ERA-40. Štvorce v okolí súradníc znázorňujú gridové body, pre ktoré platia dáta.

V práci sa používali údaje z bodu so súradnicami 15° v. d., 50° s. š. (obr.3). Okrem tohto bodu sa na území Čiech nachádzajú ešte body so súradnicami 12,5° v. d., 50° s. š., 17,5° v. d., 50° s. š. Česká republika sa rozkladá na relatívne malom území. Projekt ERA-40 pracuje s krokom 2,5°. Preto sme pôvodne okrem bodu 15° v. d., 50° s. š. skúmali aj body 12,5° v. d., 50° s. š. a 17,5° v. d., 50° s. š. Výsledky pri porovnávaní dlhodobých štatistík sú duplicitné a nevykazujú markantné rozdiely, preto nie sú v práci prezentované. Územie Českej republiky je malé na to, aby sa na ňom výrazne prejavovali zmeny kontinentality. Samozrejme pri extrémnych hodnotách jednotlivých prípadoch je badateľný istý časový posun, ale to v nami sledovanom prípade nie je dôležité.

V rámci sledovaného bodu (*obr.3*) sa porovnávajú štyri izobarické hladiny a to 300hPa, 500hPa, 700hPa a 850hPa. Tieto hladiny sme vybrali preto, lebo tok vlhkosti vykazuje zaujímavé hodnoty hlavne v nízkych izobarických hladinách.

Dáta sú zastúpené štyrmi časovými termínmi 00 UTC, 06 UTC, 12 UTC a 18 UTC, reprezentujúce denný chod F_Q . Vo väčšine výpočtov sa pracovalo s priemernými dennými hodnotami F_Q , ktoré boli jednoduchým aritmetickým priemerom 00 UTC, 06 UTC, 12 UTC a 18 UTC. Komplexnejšie pojatý výpočet priemeru zahrňujúci aj pomerné údaje denných hodnôt 00 UTC z nasledujúceho dňa nebolo možné uskutočniť, kvôli absencii krajných hodnôt na konci dátového súboru.

V praktickej časti sa použila jednoduchá rozptylová analýza. Tento nástroj nám poslužil na zistenie závislosti medzi kvantitatívnymi údajmi ERA-40 o toku špecifickej vlhkosti s kvalitatívnymi údajmi typizácií poveternostných situácií.

$$\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x})^2 = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x}_i)^2 + \sum_{i=1}^k n_i (\bar{x}_i - \bar{x})^2, \quad (3)$$

vzorec na výpočet jednoduchej analýzy rozptylu k-tried, n-premenných (Nosek, 1972) pričom platí že: celkový rozptyl = vážený priemer rozptylov + rozptyl priemerov

k- triedy, n- premenné, x_{ij} - j- te pozorovanie z i- tej skupiny, \bar{x}_i - priemer v i- tej skupine,

\bar{x} - celkový priemer

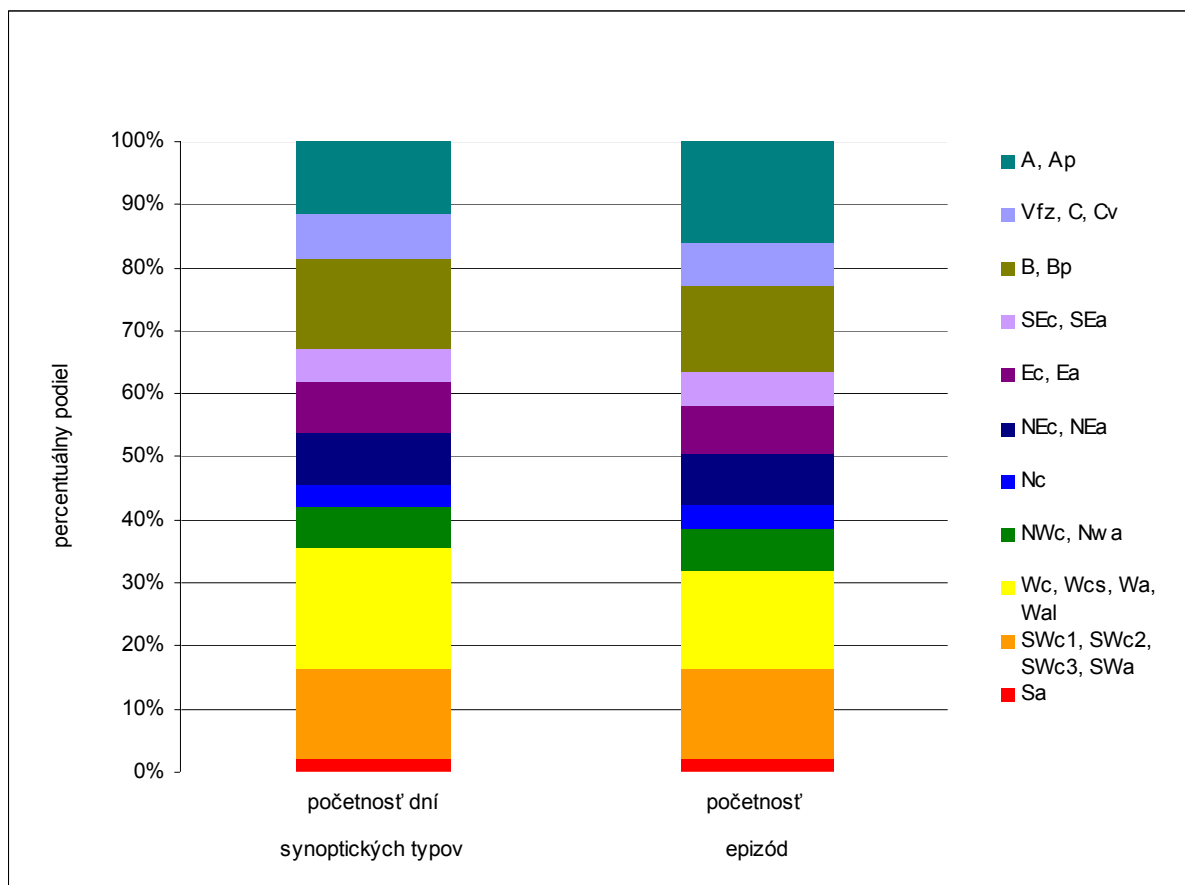
II Výskumná časť

1 Štatistika typov

1.1 Štatistika typov a početnosť epizód synoptických situácií.

V miernych zemepisných šírkach do ktorých spadá aj územie Českej republiky prevláda západné prúdenie (Kolektív ČHMÚ, 2007). Na obr. 4, na ktorom je priblížená štatistika typov sú synoptické situácie delené do jedenástich skupín. Zvolené kritéria delenia sú viac priblížené v metodickej časti práce. Pri sledovaní početnosti dní synoptických typov si môžeme všimnúť dominanciu západných typov poveternostných situácií. Vyskytujú sa v 19% prípadov. Pomerne často sú zastúpené aj prípady juhozápadných synoptických situácií 15% prípadov a brázd nízkeho tlaku vzduchu taktiež 15% prípadov. Vo zvýšenej miere sa vyskytujú prípady anticyklón 11% prípadov, z ktorých však približne polovica sú putujúce anticyklóny. V menšej miere sa už vyskytujú severovýchodné a východné typy, keď sa oblasť nízkeho tlaku vzduchu nachádza približne nad Stredomorím, čo nie je až taký častý prípad ako výskyt atlantických cyklón so severnou dráhou. Výskyt severozápadných typov a cyklón je menej častý. Zastúpený je približne 5 až 7% prípadov. Najmenej častý je výskyt čisto južných a severných typov. Príčinou je, že v daných skupinách sa nachádza iba po jednom prípade synoptickej situácie. Čiastočne je to spôsobené aj zriedkavým výskytom čisto meridionálneho prúdenia, keďže v našich zemepisných šírkach dominuje už zmieňované západné prúdenie.

V pravej časti grafu si bližšie všimame početnosť epizód synoptických typov. Trendami v kalendári poveternostných situácií sa bližšie zaoberali (Cahynová, Huth, 2007). Priemerná dĺžka jednej epizódy je približne 3,5 dňa. Medzi početnosťou dní synoptických typov a početnosťou epizód nie sú až také veľké rozdiely. Isté disproporcie badáme pri západných synoptických situáciách. Je to najčastejšie sa vyskytujúca skupina avšak priemerná dĺžka ich epizód je väčšia v porovnaní z ostatnými skupinami. Ďalším rozdielom, ktorý je signifikantný je relatívne väčšie množstvo epizód v skupine anticyklonálnych situácií. Spôsobené je to aj rozdielmi v rámci skupiny a to tak, že putujúca anticyklóna sa zvyčajne vyznačuje priemerným krátkym trvaním epizódy (vid'. kapitola 1.6 teoretickej časti).

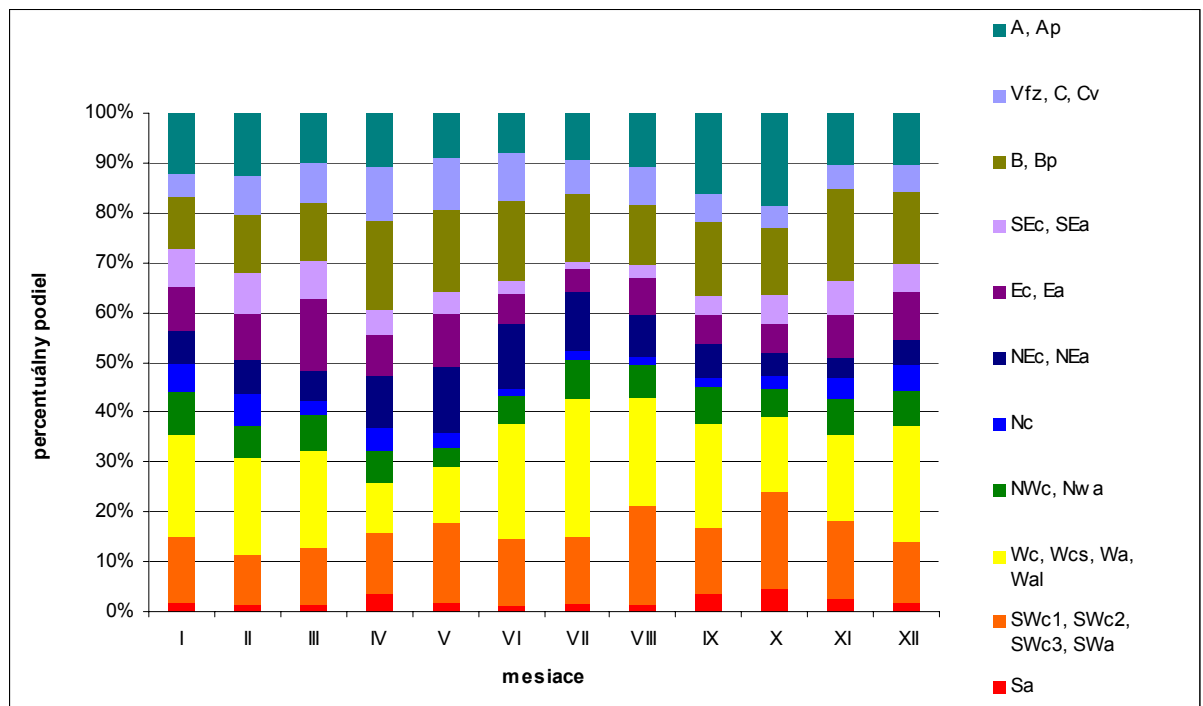


Obr.4 Štatistika typov synoptických situácií a početnosť epizód synoptických situácií.

1.2 Ročný chod typov synoptických situácií

Pri pozorovaní ročného chodu synoptických situácií znázorneným na obr. 5 si všimneme výrazný ročný chod najmä západných typov. Najvýraznejšie sú zastúpené v letných mesiacoch, keď dosahujú 20% všetkých prípadov. V mesiaci júl sa vyskytujú skoro v 30% všetkých prípadov. Súvisí to s výskytom západnej anticyklonálnej situácie letného typu (Wal), ktorá je v lete častá. Okrem toho sa začiatkom leta vyskytuje teplotná singularita, Medardová kvapka, ktorá sa vyznačuje zvýšeným výskytom zrážok. Tie sú zapríčinené zvýšeným prúdením vlhkého vzduchu zo západu. Najmenší výskyt západných typov je v jarých mesiacoch. Je to kvôli veľkej premenlivosti počasia v tomto ročnom období. Ročný chod je badateľný aj pri výskyte severných situácií. Ich výrazný nárast je v zimných mesiacoch a minimum výskytu v mesiacoch letných. Pomerne častý výskyt je aj na jar. Súvisí to už so spomenutou častou zmenou cirkulácie na jar. Brázdy nízkeho tlaku vzduchu sa vyskytujú aj na jeseň a veľkú početnosť dosahujú najmä v mesiaci november. Výskyt

anticyklón je zjavný najmä v jesenných mesiacoch, presnejšie v septembri a októbri, keď je obdobie babieho leta. Vtedy je najstabilnejšie počasie počas roka. Na jeseň je ešte zaujímavý pomerne častejší výskyt južných typov. Súvis to má pravdepodobne s tým, že je zastúpený len anticyklónou južného typu (Sa) a podobne ako anticyklóna (A) má častejšie zastúpenie počas babieho leta.

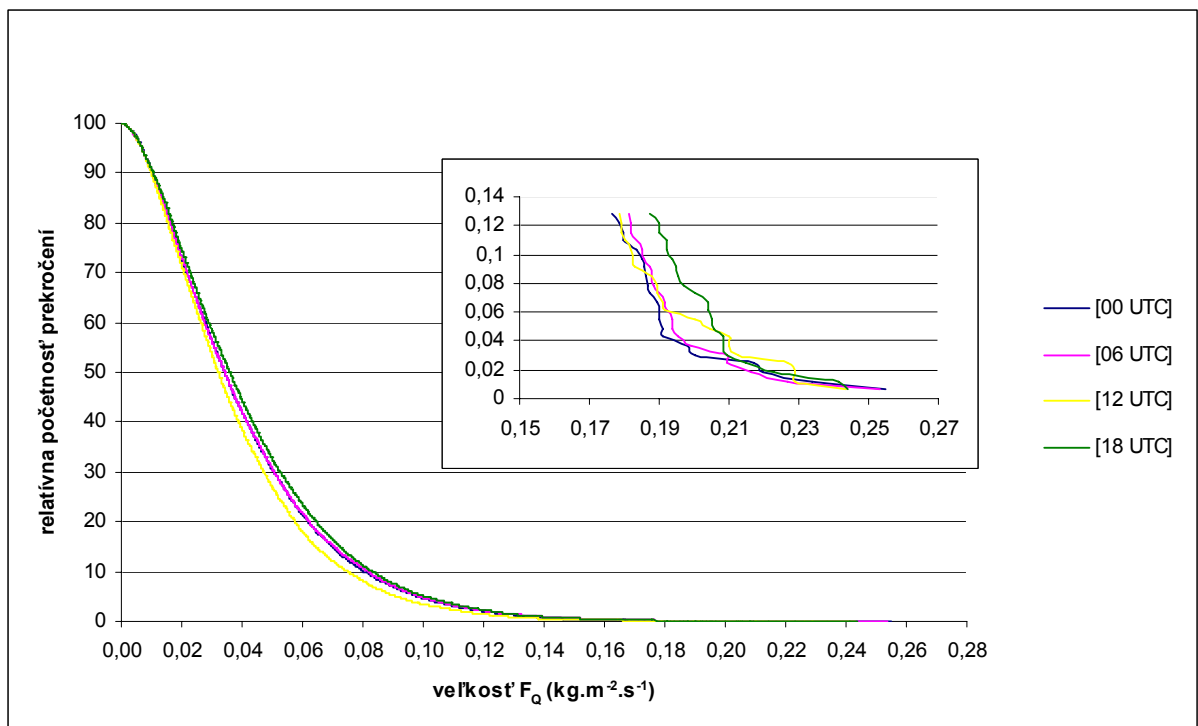


Obr.5 Roční chod typov synoptických situácií.

2. Štatistika toku vlhkosti.

2.1 Štatistika denného chodu veľkosti F_Q .

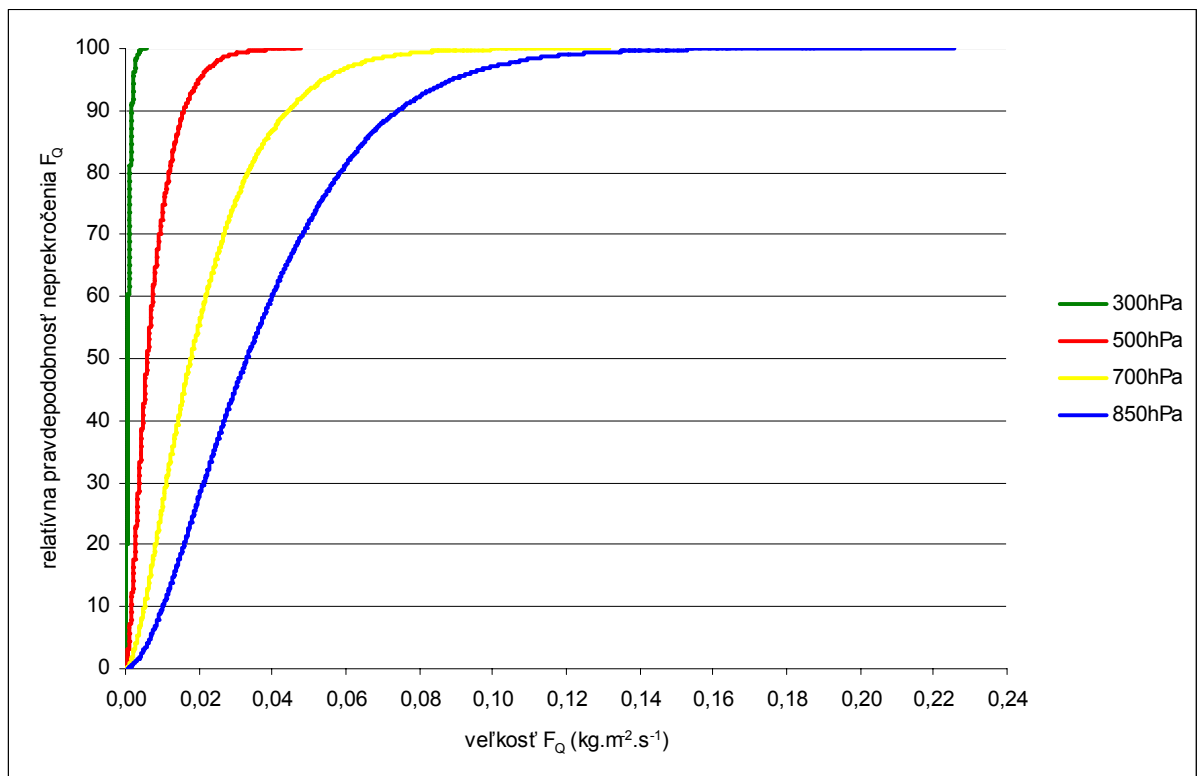
Pri sledovaní denného chodu musíme brať do úvahy nielen absolútnu vlhkosť ale aj rýchlosť vetra a výšku izobarickej hladiny. Pri štatistike denného chodu sme sa zamerali na izobarickú hladinu 850hPa, keďže v nej tok vlhkosti dosahuje najvyššie hodnoty. Z obr. 6 vyplýva, že medzi veľkosťami F_Q nie sú markantné rozdiely ak berieme do úvahy celú časovú radu, preto môžeme vo zvyšku práce uvažovať o denných priemeroch toku vlhkosti. Väčšie rozdiely pozorujeme vo výreze grafu, kde sme uvažovali o dvadsiatich najextrémnejších hodnotách tokov vlhkosti. Tie len potvrdzujú fakt, že mierne vyšší tok vlhkosti je dosahovaný v termíne [18 UTC], zrejme vplyvom vertikálnej výmeny vzduchu, keď je zvýšený prísun vlhkosti z nižších hladín. V nočných termínoch [00 UTC] a [06 UTC] sú hodnoty nižšie, vplyvom nižšej vertikálnej výmeny, alebo jej úplnej absencie.



Obr.6 Relatívna početnosť prekročení veľkostí F_Q v štyroch termínoch počas dňa na hladine 850hPa s výrezom dvadsiatich najextrémnejších hodnôt toku vlhkosti.

2.2 Veľkosti F_Q na jednotlivých izobarických hladinách.

Ak porovnáваме rozsah vlhkosného toku na jednotlivých hladinách, vidíme, že najvyššie hodnoty sú dosahované na hladine 850hPa. Rovnako sa v tejto hladine vyskytujú aj najvyššie extrémny. Tvar krivky je silne asymetrický. Najvyššia polovica krivky predstavuje len približne 2% všetkých prípadov. Podobne to platí aj na opačnej strane krivky, pri minimálnych hodnotách toku vlhkosti, aj keď v menšej miere. Smerom do vyšších izobarických hladín sa tok vlhkosti silne znižuje a aj extrémny nedosahujú také veľké hodnoty. Síce na hladine 300hPa je v priemere vyššia rýchlosť vetra ako v hladine 850hPa, ale absolútna vlhkosť dosahuje značne menšie hodnoty. Hladina 700hPa má hodnoty F_Q približne o polovicu menšie ako hladina 850hPa, hladina 500hPa už približne šesťnásobne nižšie a hladina 300hPa dokonca tridsaťsedemnásobne nižšie.



Obr.7 Relatívna pravdepodobnosť neprekročenia veľkosti F_Q na jednotlivých izobarických hladinách 300hPa, 500hPa, 700hPa a 850hPa.

2.3 Vzťah veľkosti a smeru F_Q .

2.3.1 Relatívna početnosť dní jednotlivých smerov F_Q a veľkostí F_Q .

Na obr. 8 až 11 sme sa zamerali na relatívnu početnosť dní jednotlivých smerov a veľkostí F_Q na izobarických hladinách 300, 500, 700 a 850hPa. Všimli sme si percentuálny podiel jednotlivých smerov F_Q a aké hodnoty veľkosti F_Q dosahovali.

Na 300hPa izobarickej hladine je najčastejšie zastúpené západné prúdenie približne 26% prípadov, čo nie je nič zvláštne, ale čo je prekvapujúce najväčšie hodnoty toku vlhkosti dosahuje prúdenie severozápadné a to približne $0,006 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ pričom maximálna veľkosť západného prúdenia je len $0,0055 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Severozápadné prúdenie sa vyskytuje v 22% prípadov a je druhým najčastejšie zastúpeným. Pomerne častý výskyt má prúdenie juhozápadné 18% prípadov veľkosti toku vlhkosti. Približne rovnaké hodnoty má prúdenie severné asi $0,005 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ pričom prúdenie severné je zastúpené asi 13% prípadov. Pomerne vysoké hodnoty veľkosti F_Q má ešte južné prúdenie a to $0,004 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ a zastúpené je približne 8% prípadov. Prúdenia východné, severovýchodné a juhovýchodné majú výskyt od 4 do 6% všetkých prípadov a ich veľkosti F_Q dosahujú rádovo nižšie hodnoty.

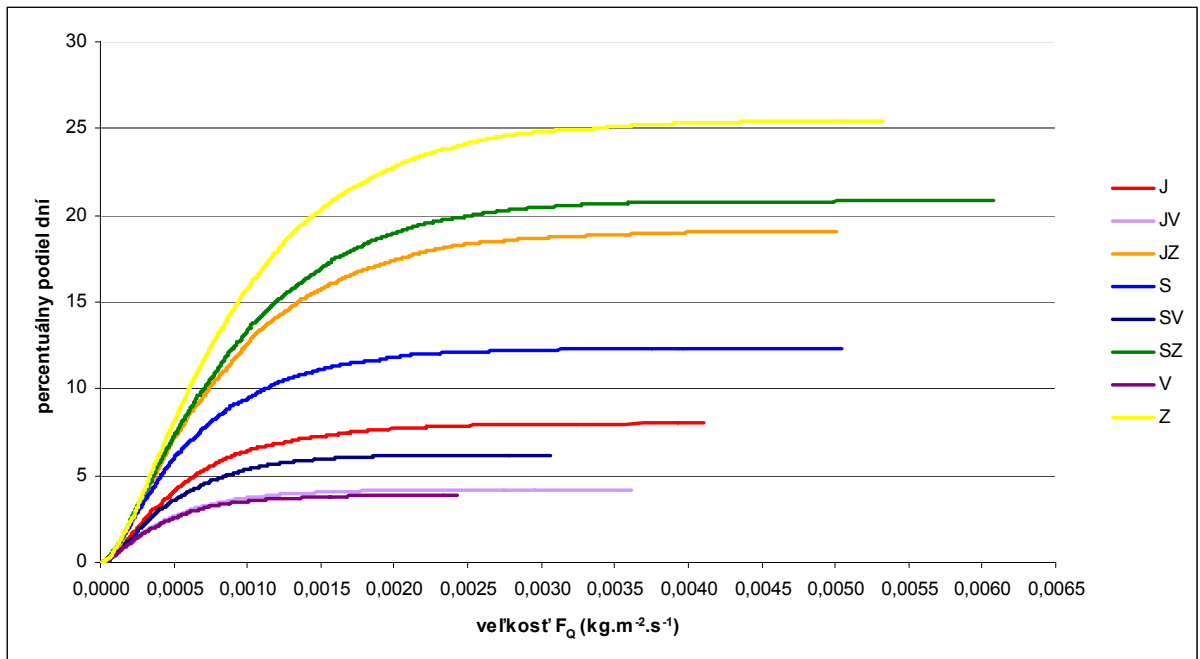
Na hladine 500hPa už veľkosť F_Q západného prúdenia dosahuje absolútne najvyššie hodnoty taktiež je najčastejšie zastúpený smer prúdenia 28% prípadov. Severozápadná zložka dosahuje hodnoty veľkosti F_Q podobné ale už nižšie. Smer prúdenia je zastúpený 20% prípadov. Približne v 19% prípadov je zastúpené juhozápadné prúdenie. Ostatné smery majú zastúpenie približne 10% alebo nižšie. Tak isto absolútne veľkosti vektora dosahujú nižšie hodnoty.

Na hladine 700hPa má západný smer prúdenia dominanciu podobne to platí aj o veľkosti vektora. Severozápadný smer má podobné proporcionálne zastúpenie ako na hladine 500hPa. Výrazne nižšie zastúpenie má zložka juhozápadná. Smer prúdenia F_Q je zastúpený už len 14% prípadov. Podobne aj absolútna veľkosť F_Q dosahuje nižšie hodnoty. Južný smer prúdenia zastúpený len 7% má veľkosť vektora väčšiu ako juhozápadný smer. Výraznejší je ešte severný smer zastúpený 9%. Ostatné smery majú zastúpenie približne 5%.

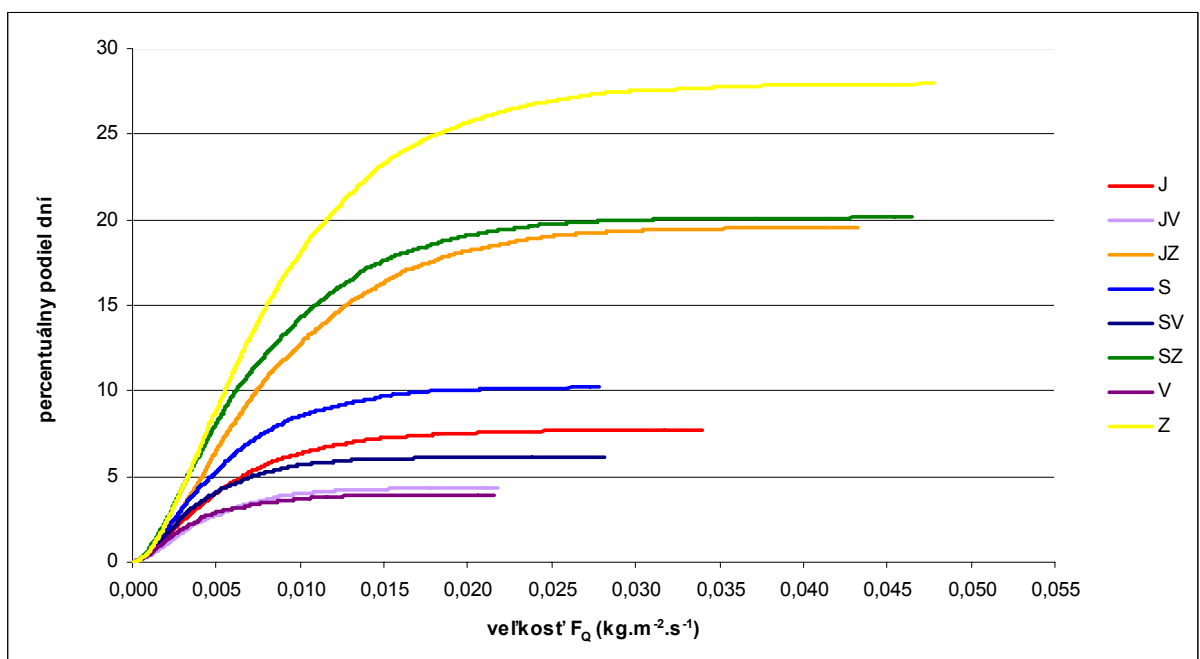
Hladina 850hPa má podobné pomerové zastúpenie ako hladina 700hPa, aj keď s malými rozdielmi. Južné prúdenie má väčšie zastúpenie ako severné čo sa týka veľkosti ako aj smeru prúdenia. Juhozápadná zložka má stále tretie najvyššie percentuálne zastúpenie smeru prúdenia, avšak vzhľadom na veľkosť F_Q je až predposledná.

Čo si môžeme všimnúť je výrazná dominancia západného smeru F_Q voči ostatným. Najmarkantnejšie je to na hladine 850hPa. Ak opomenieme severozápadný smer, tak počtom

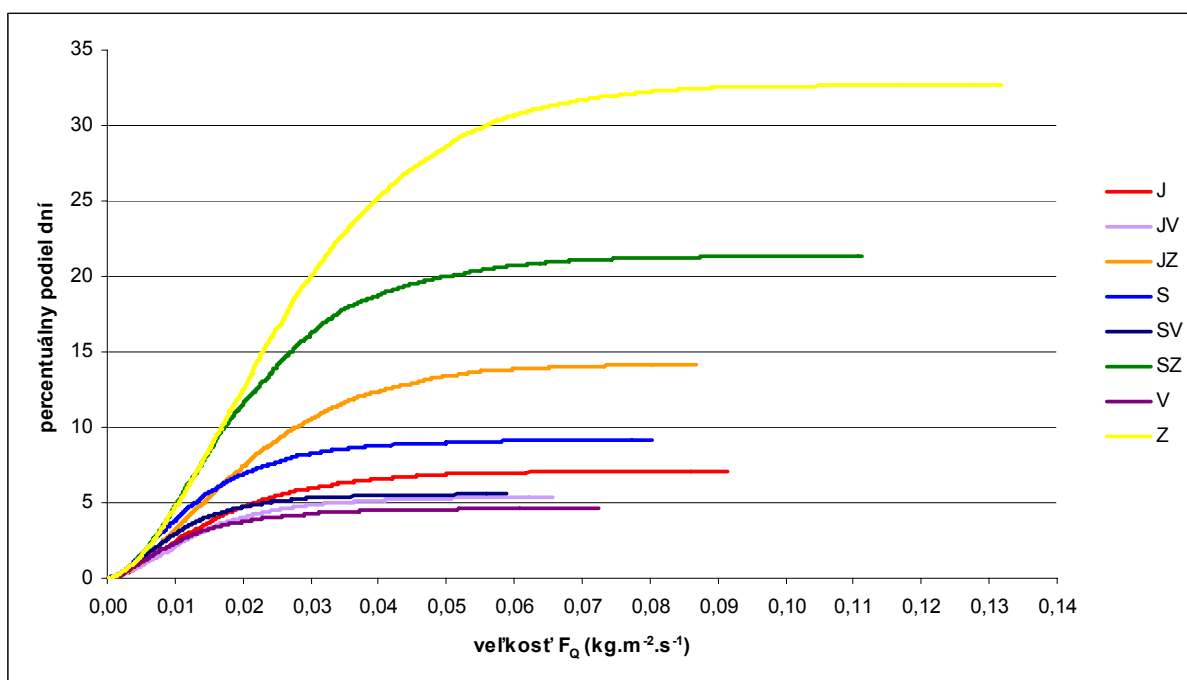
prípadoch prevyšuje ostatné asi štvornásobne, avšak čo sa týka extrémov, tak západný smer F_Q nedosahuje ani dvojnásobne vyššie extrémy F_Q ako ostatné.



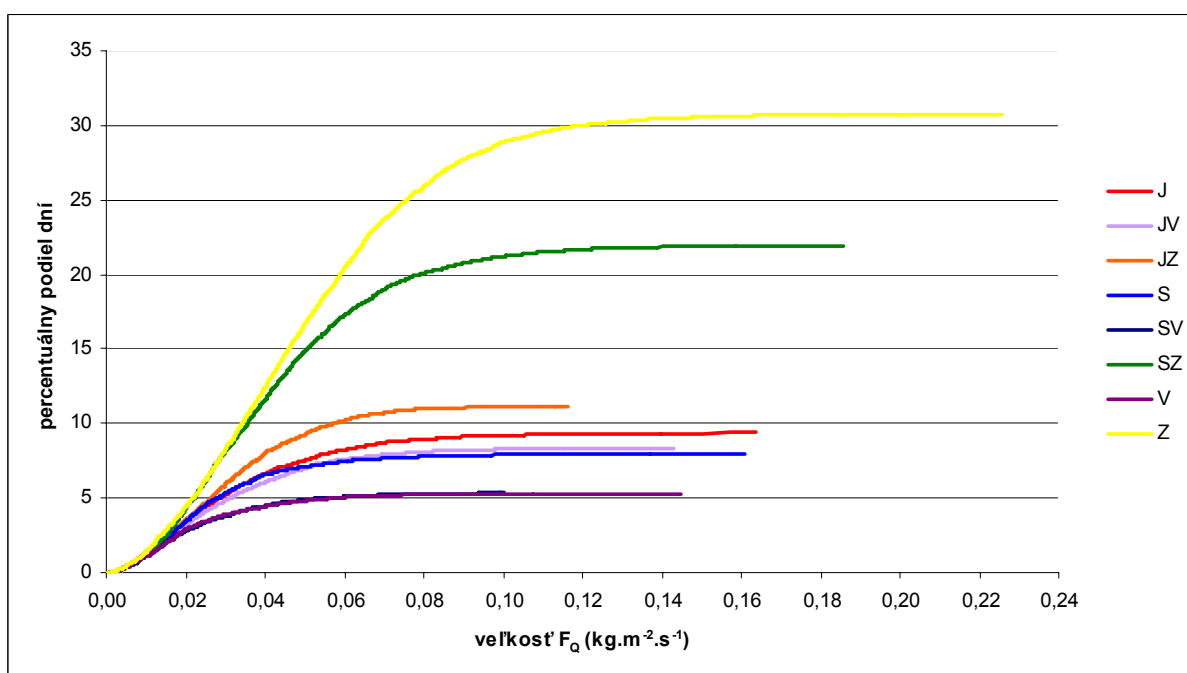
Obr.8 Relatívna početnosť dní jednotlivých smerov v závislosti na zvolenej veľkosti F_Q na hladine 300hPa.



Obr.9 Relatívna početnosť dní jednotlivých smerov v závislosti na zvolenej veľkosti F_Q na hladine 500hPa.



Obr.10 Relatívna početnosť dní jednotlivých smerov v závislosti na zvolenej veľkosti F_Q na hladine 700hPa.



Obr.11 Relatívna početnosť dní jednotlivých smerov v závislosti na zvolenej veľkosti F_Q na hladine 850hPa.

2.3.2 Smery F_Q v závislosti na veľkosti F_Q .

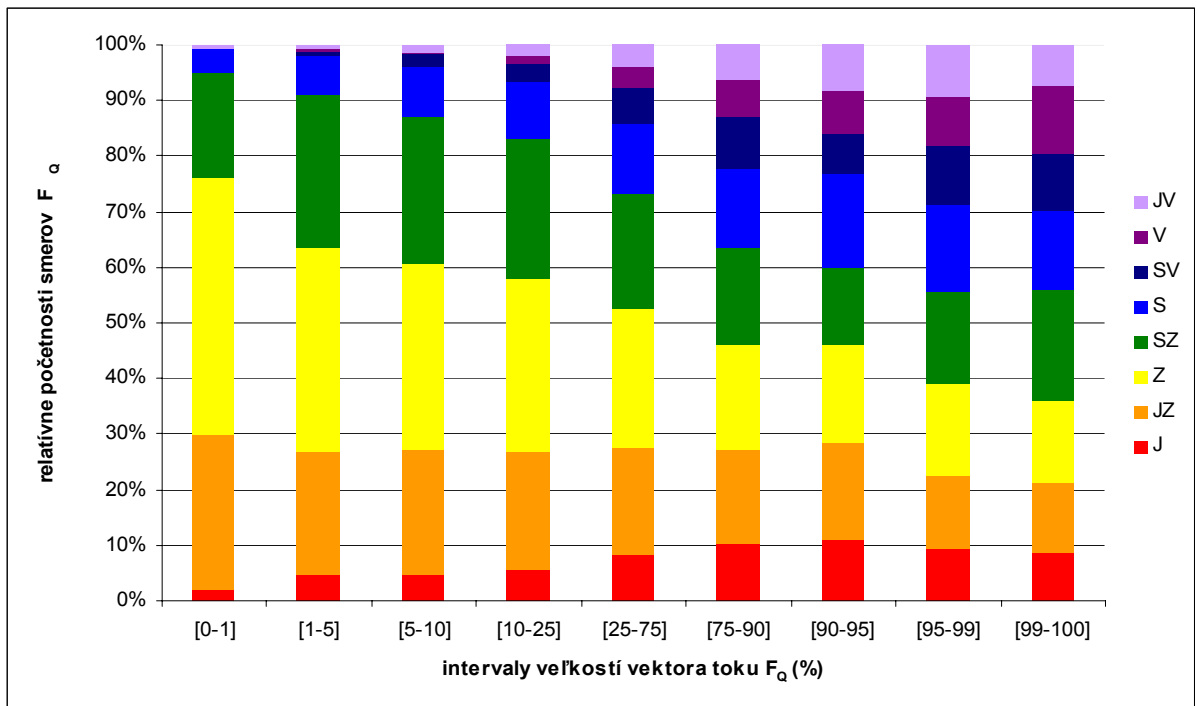
Na obr. 12 až 15 si všímame relatívne početnosti smerov F_Q na 300, 500, 700 a 850hPa izobarických hladinách. Na grafoch si môžeme všimnúť značné disproporcie, hlavne čo sa týka homogenít a heterogenít medzi jednotlivými intervalmi, či izobarickými hladinami. Čím sú hodnoty extrémnejšie vzhľadom na narastajúcu veľkosť F_Q , tým sú heterogénnejšie.

Podobne narastá heterogenita, ak sa presúvame z vyšších izobarických hladín do nižších. Súvisí to s väčším vplyvom zemského povrchu na nižšie izobarické hladiny.

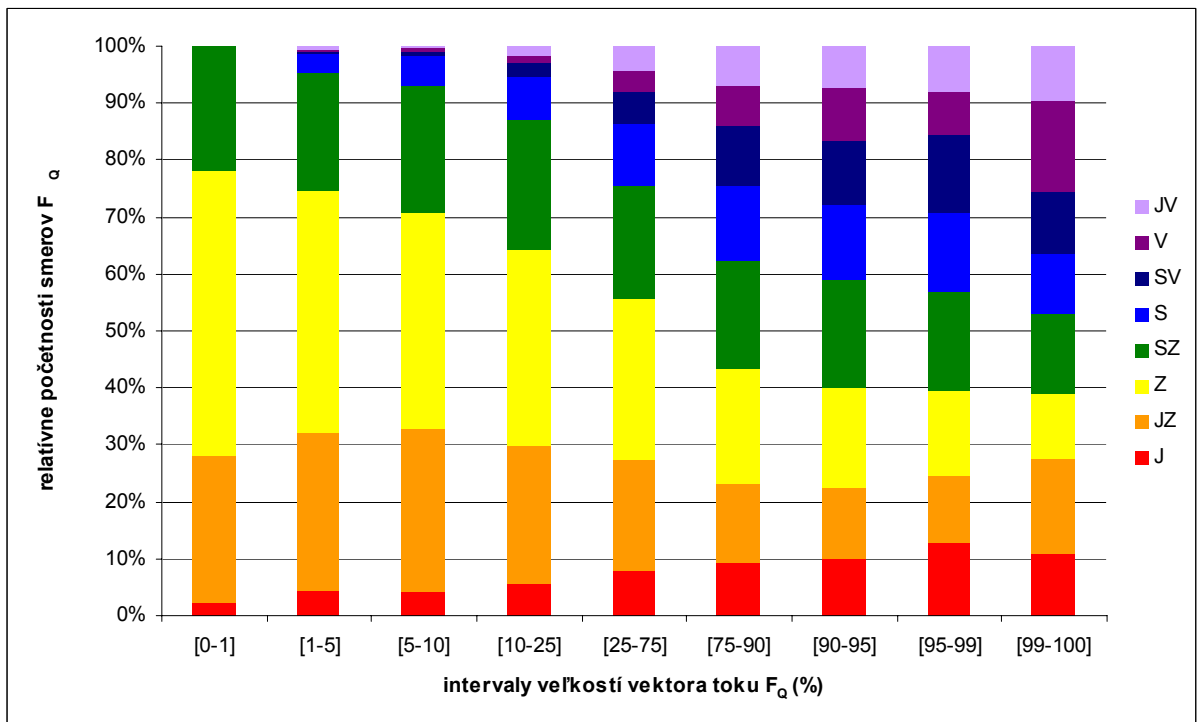
Nás samozrejme zaujímajú hodnoty extrémne vysokých tokov vlhkosti čiže intervaly [0-1] a [1-5] poprípade ešte interval [5-10]. V nich je badateľná dominujúca západná zložka prúdenia toku vlhkosti. Na hladine 300hPa v intervale [0-1] dosahuje 37% zo všetkých hodnôt. Smerom do nižších izobarických hladín sa pomer k ostatným smerom zvyšuje. Na hladine 500hPa predstavuje 50% hodnôt, na hladine 700hPa 60% hodnôt a na hladine 850hPa až približne 72% hodnôt. Pomer juhozápadných smerov prúdenia F_Q sa mení tiež a to inverzne vzhľadom na západné prúdenie. Jeho zastúpenie na intervale [0-1] klesá z 300hPa hladiny, keď predstavuje približne 28% prípadov, cez 26% prípadov na 500hPa hladine, 8% prípadov na 700hPa hladine až po 0% prípadov na 850hPa hladine. Z ostatných zložiek si výrazné zastúpenie na intervale [0-1] zachováva severozápadné prúdenie. Na 300hPa hladine predstavuje 18% prípadov, na hladine 500hPa 22% prípadov, na hladine 700hPa 20% prípadov a nakoniec na hladine 850hPa 25% prípadov. Výskyt ostatných zložiek na intervale [0-1] je štatisticky zanedbateľný, snád' až na južné prúdenie, keď na hladine 850hPa predstavuje okolo 4% prípadov.

Smerom k intervalom s extrémne nízkymi hodnotami sa zvyšuje výskyt ostatných smerov prúdenia F_Q , až na intervale [99-100] je pomer smerov prúdení F_Q zastúpený približne rovnomerne.

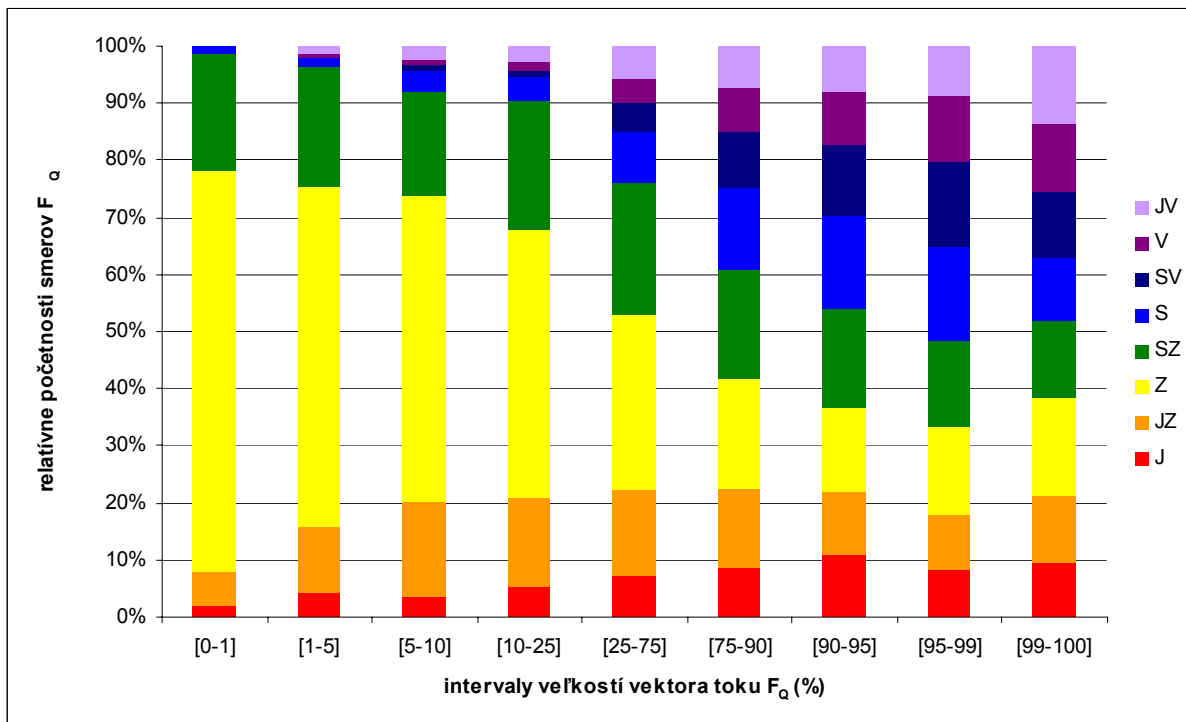
Zaujímavý je úbytok F_Q z juhozápadu ak sa pohybujeme z vyšších izobarických hladín do nižších. Je to pravdepodobne záveterným účinkom Álp, ktoré zachytia väčšinu vlhkosti pohybujúcu sa v nízkych izobarických hladinách. Okrem toho tam môže pôsobiť fénový efekt Álp a v menšej miere aj Šumavy.



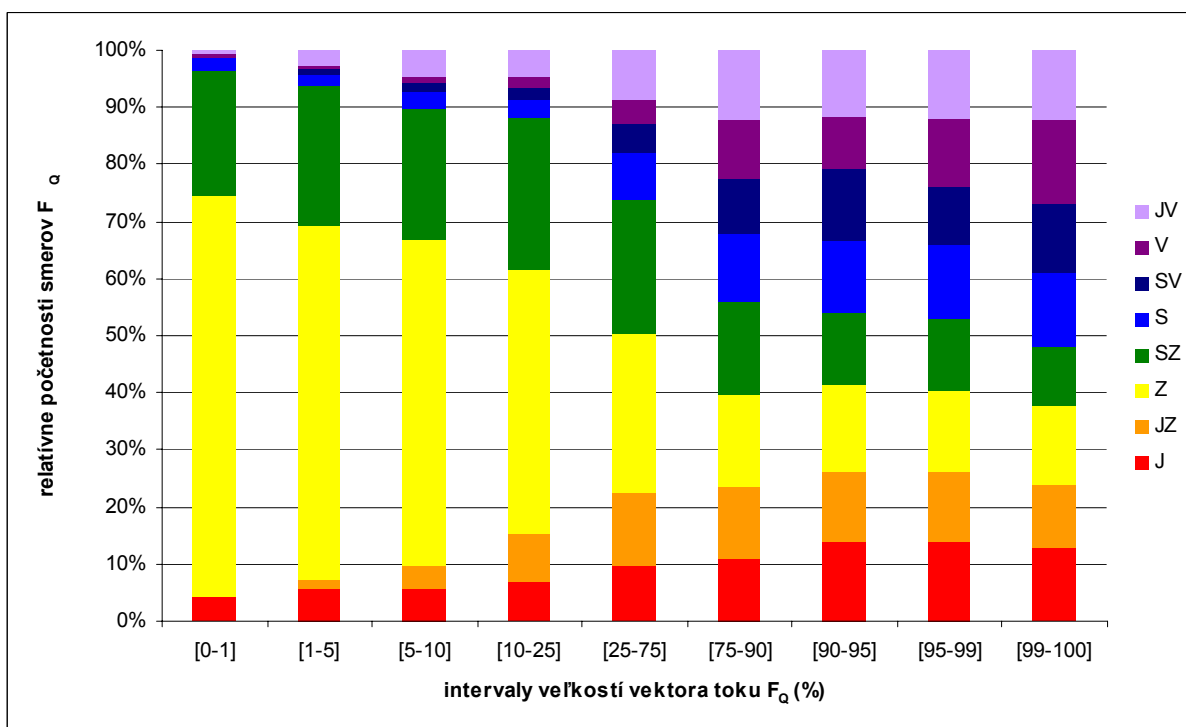
Obr.12 Relatívna početnosť smerov F_Q v intervaloch veľkostí F_Q na hladine 300hPa pričom interval [0-1] predstavuje percento najvyšších hodnôt F_Q a interval [99-100] predstavuje percento najnižších hodnôt F_Q



Obr.13 Relatívna početnosť smerov F_Q v intervaloch veľkostí F_Q na hladine 500hPa pričom interval [0-1] predstavuje percento najvyšších hodnôt F_Q a interval [99-100] predstavuje percento najnižších hodnôt F_Q



Obr.14 Relatívna početnosť smerov F_Q v intervaloch veľkostí F_Q na hladine 700hPa pričom interval [0-1] predstavuje percento najvyšších hodnôt F_Q a interval [99-100] predstavuje percento najnižších hodnôt F_Q .



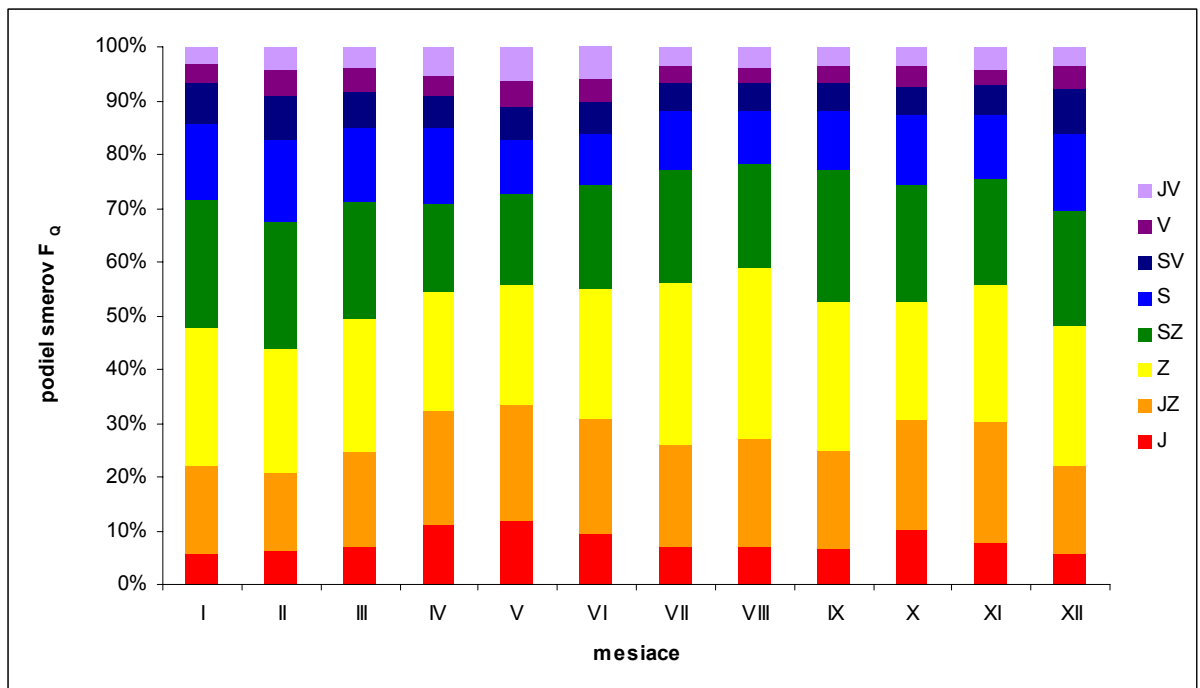
Obr.15 Relatívna početnosť smerov F_Q v intervaloch veľkostí F_Q na hladine 850hPa pričom interval [0-1] predstavuje percento najvyšších hodnôt F_Q a interval [99-100] predstavuje percento najnižších hodnôt F_Q .

2.4 Ročný chod.

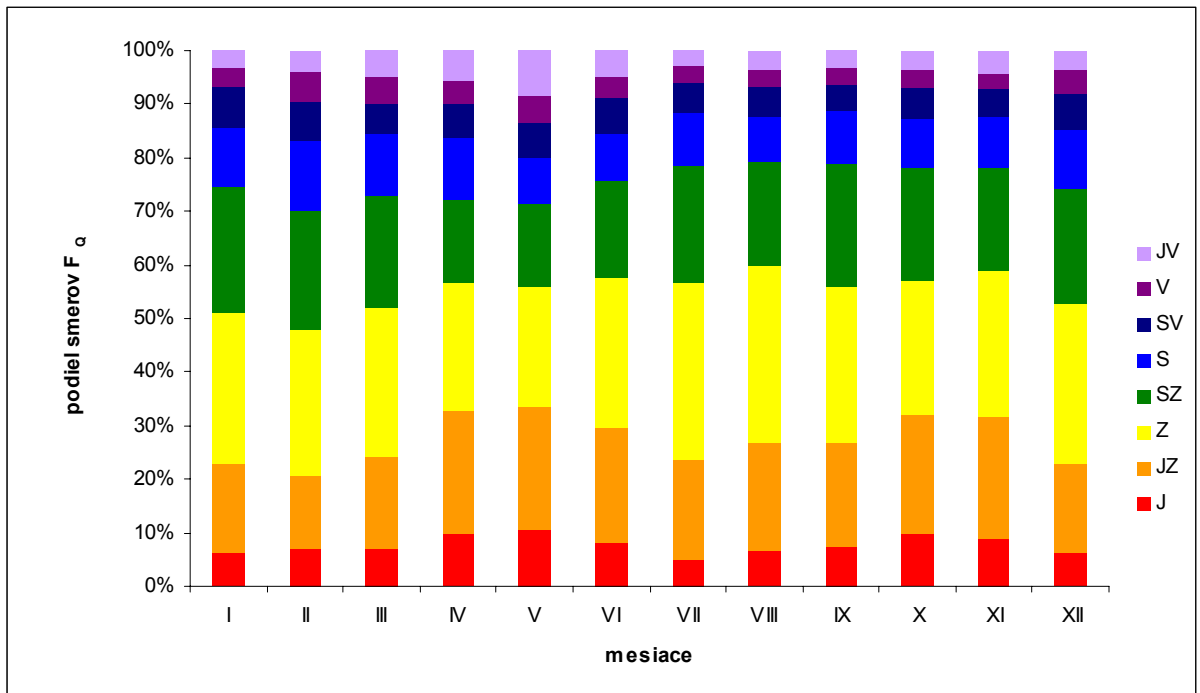
2.4.1 Ročný chod smerov F_Q .

Na obr. 16 až 19 je jasne rozpoznateľný ročný chod toku vlhkosti. Všetky tlakové hladiny sa vyznačujú nárastom toku vlhkosti z juhu v jarných mesiacoch najmä v apríli a máji. Na hladine 850hPa aj v marci. Okrem toho je markantný nárast prúdenia z juhu v jesenných mesiacoch vplyvom babieho leta. Juhozápadné prúdenie je najviac zastúpené v 300hPa hladine. Smerom do nižších tlakových hladín sa podiel juhozápadného prúdenia znižuje. Najvyššie hodnoty sú podobne ako pri južnom prúdení na jar a na jeseň. Západná zložka prúdenia má najväčší percentuálny podiel a najvýraznejšia je v tlakovej hladine 700 a 850hPa. Na hladinách 300 a 500hPa má výraznejšie zastúpenie len v letných mesiacoch. Severozápadné prúdenie na hladine 300hPa sa vyskytuje rovnako často ako prúdenie juhozápadné. V ostatných hladinách počas celého roka prevláda severozápadný smer.

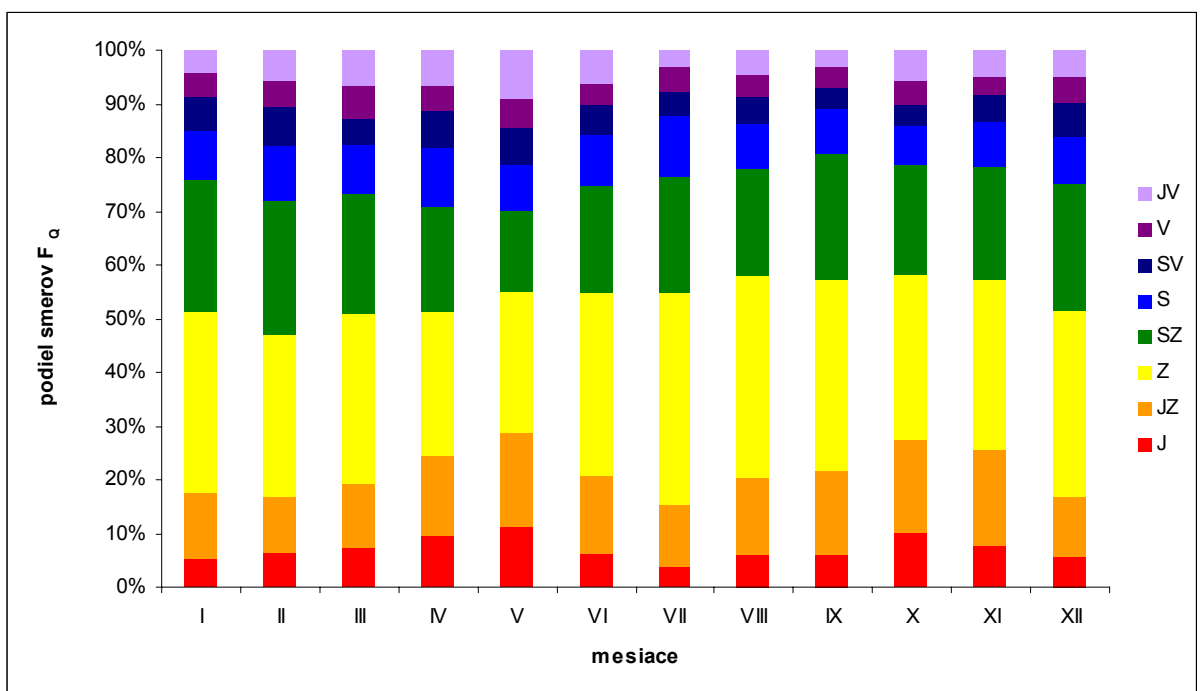
Najvyrovnanější smer F_Q je na jar, keď bývajú najčastejšie zmeny počasia. Zaujímavý je juhovýchodný smer. V máji vykazuje anomálne vysoké hodnoty zastúpenia. Ročný chod je najviac badateľný na 850hPa hladine. Na jar je časté striedanie počasia a smery F_Q sú relatívna vyrovnané. Na jeseň je zjavné výrazné prúdenie z južných oblastí Európy.



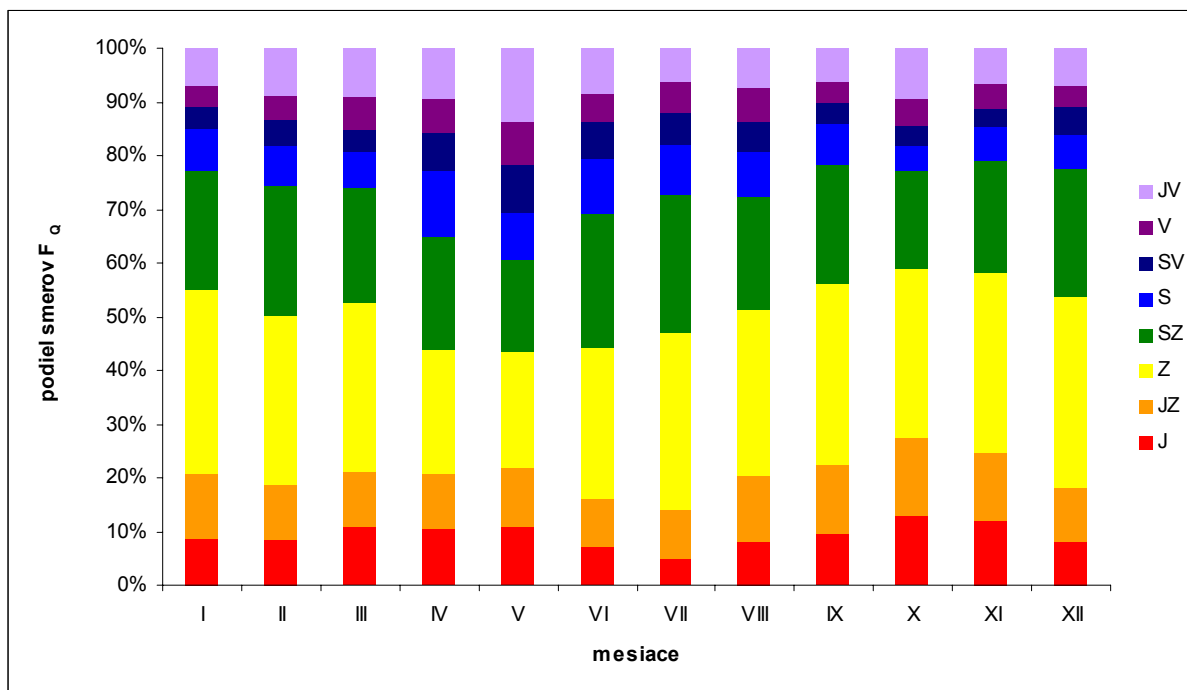
Obr.16 Mesačný podiel smerov F_Q na hladine 300hPa.



Obr.17 Mesačný podiel smerov F_Q v atmosfére na hladine 500hPa.



Obr.18 Mesačný podiel smerov F_Q v atmosfére na hladine 700hPa.



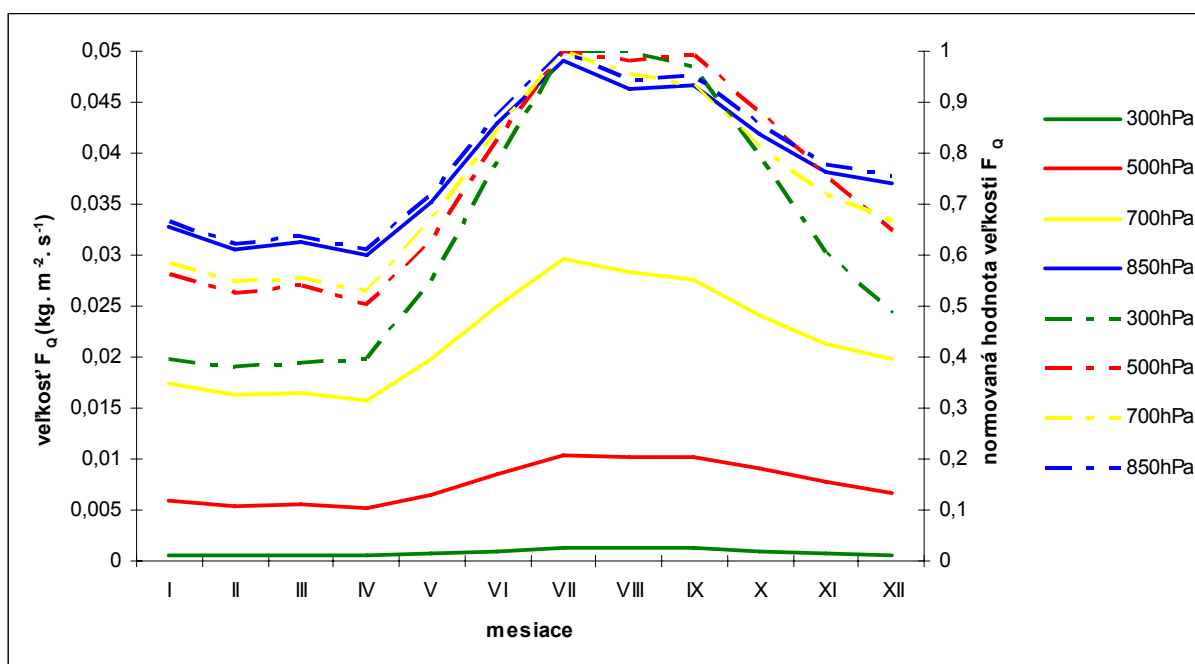
Obr.19 Mesačný podiel smerov F_Q v atmosfére na hladine 850hPa.

2.4.2 Ročný chod veľkostí F_Q .

Na obr. 20 sledujeme výrazný ročný chod veľkosti F_Q . Najväčší tok vlhkosti je v lete a na začiatku jesene. Na vývoji krivky badať výrazný vplyv Atlantického oceána. Najviac je to badať v oneskorenom nástupe vrcholu toku vlhkosti v lete. Vysoké hodnoty tokov vlhkosti trvajú až do polovice jesene. Tento fakt nám potvrdzuje aj absolútne minimum toku vlhkosti, ktoré vrcholí v mesiaci apríl. Aj v tomto prípade platí teplotná zotrvačnosť oceána. Na popis veľkosti F_Q sa najviac hodí 850hPa izobarická hladina. Je na nej badať rozdiel medzi tokom vlhkosti v lete a v zime s výrazným nárastom začiatkom leta. V mesiaci júl dosahuje tok vlhkosti najvyššie absolútne hodnoty. Po miernom poklese v mesiaci august nasleduje mierny nárast v septembri.

Viac o relatívnych rozdieloch toku vlhkosti nám napovedia normované hodnoty toku vlhkosti. Pomocou nich dokážeme presnejšie popísať relatívny nárast toku vlhkosti. 300hPa hladina narastá z minima na jar približne o 60% keď dosahuje maximá v lete. 500hPa hladina približne o 50%, 700hPa hladina o 48% a nakoniec 850hPa hladina len o 40%.

Ak porovnáme priemerné mesačné teploty v Čechách (Kolektív ČHMÚ, 2007) s absolútnymi hodnotami, tak len potvrdzujeme posun hodnôt F_Q . Podobný posun je badať aj pri zrážkach.

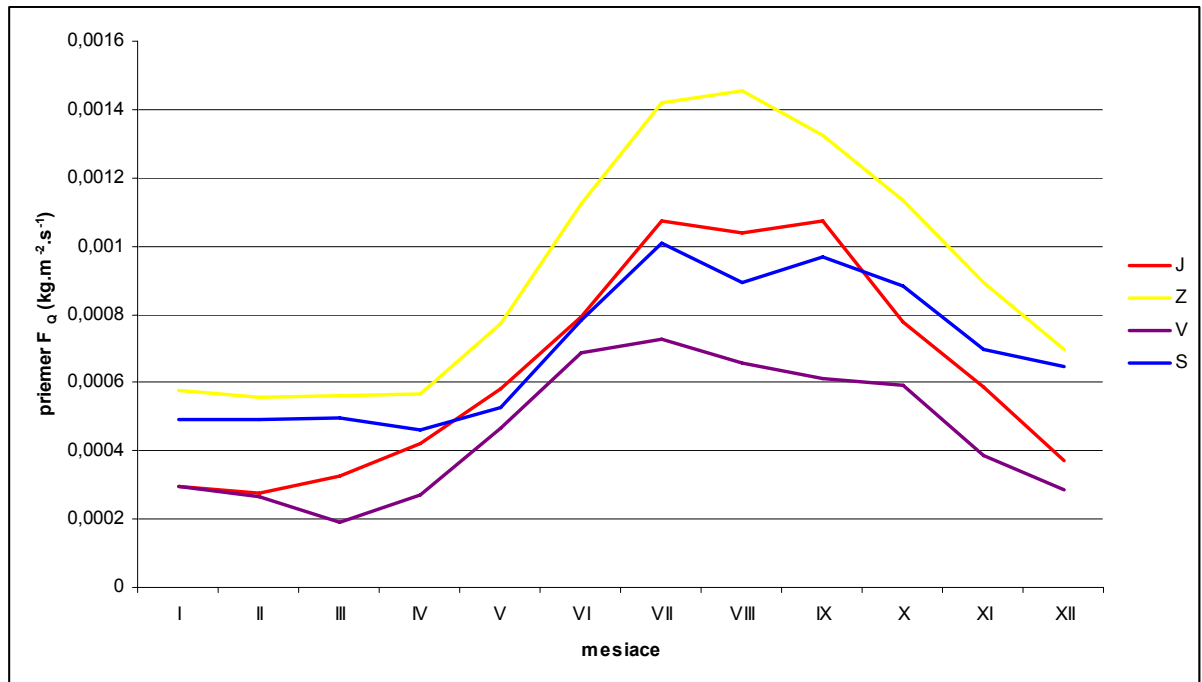


Obr.20 Priemerné mesační veľkosť F_Q . Plnou čiarou sú značené absolútne hodnoty F_Q , prerušovanou čiarou sú značené normované hodnoty F_Q .

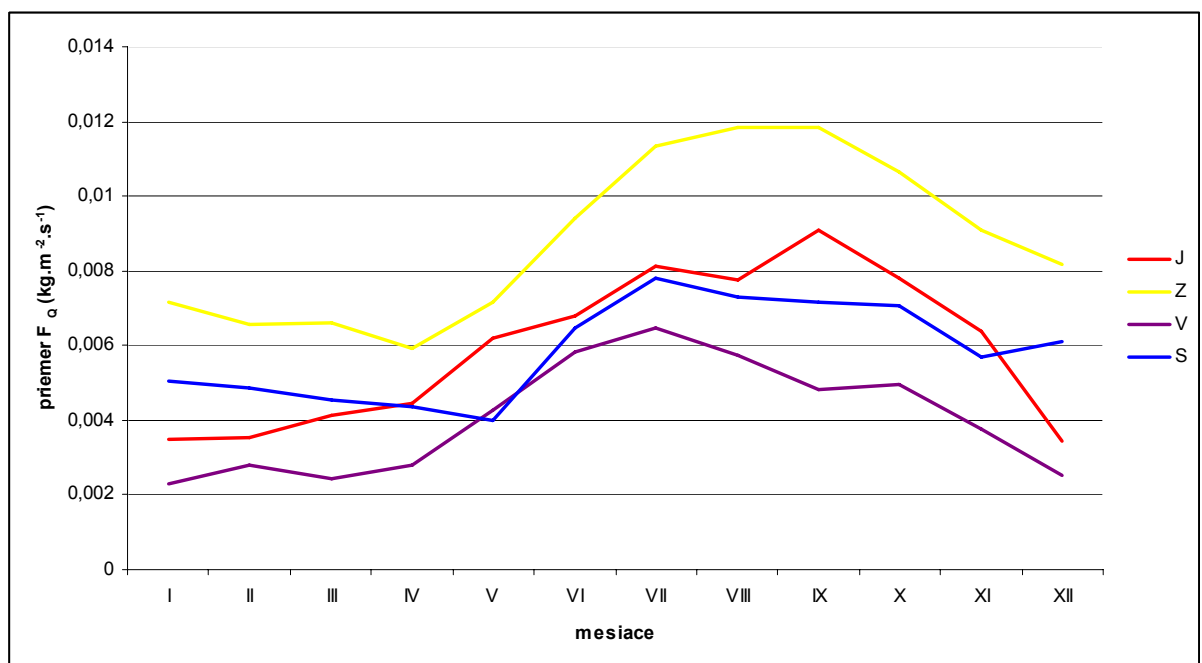
2.4.3 Ročný chod veľkostí zložiek F_Q .

Pri sledovaní ročného chodu, znázorneného na obr. 21 až 24, sme sa zamerali aj na veľkosti jednotlivých zložiek F_Q a to F_{QU} a F_{QV} . Na 300hPa hladine dominuje západná zložka rovnako ako pri porovnávaní ročného chodu veľkosti vektora. Podobne ako u ostatných zložiek, aj u nej sa prejavuje ročný chod a to tak, že najvyššie toky vlhkosti sú v letných mesiacoch a najnižšie v zimných. Južná zložka vektora v porovnaní so severnou dosahuje v lete vyššie hodnoty ako v zime. Je to pochopiteľné vzhľadom na zmenu ročných období. U tejto zložky je najviac badať posun vysokých hodnôt do jesene. Je to zapríčinené tým, že väčšina vlhkosti pochádza zo Stredozemného mora, ktoré v tomto prípade pôsobí ako akumulátor tepla. V oblastiach Balkánu v povodí Drávy a Sávy, ktoré sú voči južnej zložke toku vlhkosti najviac exponované dochádza k najvýraznejším zrážkam v období septembra a októbra (Müller a kol., 2009). Vtedy je aj maximum toku vlhkosti na izobarickej hladine 850hPa na území Českej republiky. Medzi 300hPa a 500hPa hladinou nie sú markantné rozdiely, čo sa týka pomerového zastúpenia zložiek voči sebe vzhľadom na ročný chod. Na 700hPa hladine stále dominuje západná zložka počas celého roka. Severná zložka má minimum na jar. Príčinou je zimná ľadová pokrývka severnej časti Atlantického oceána, či Severného ľadového oceána. Východná zložka dosahuje počas roka nižšie hodnoty, až na leto. Je to dôsledok kontinentálnych vzdušných mäs, ktoré sa nad kontinentom rýchlo

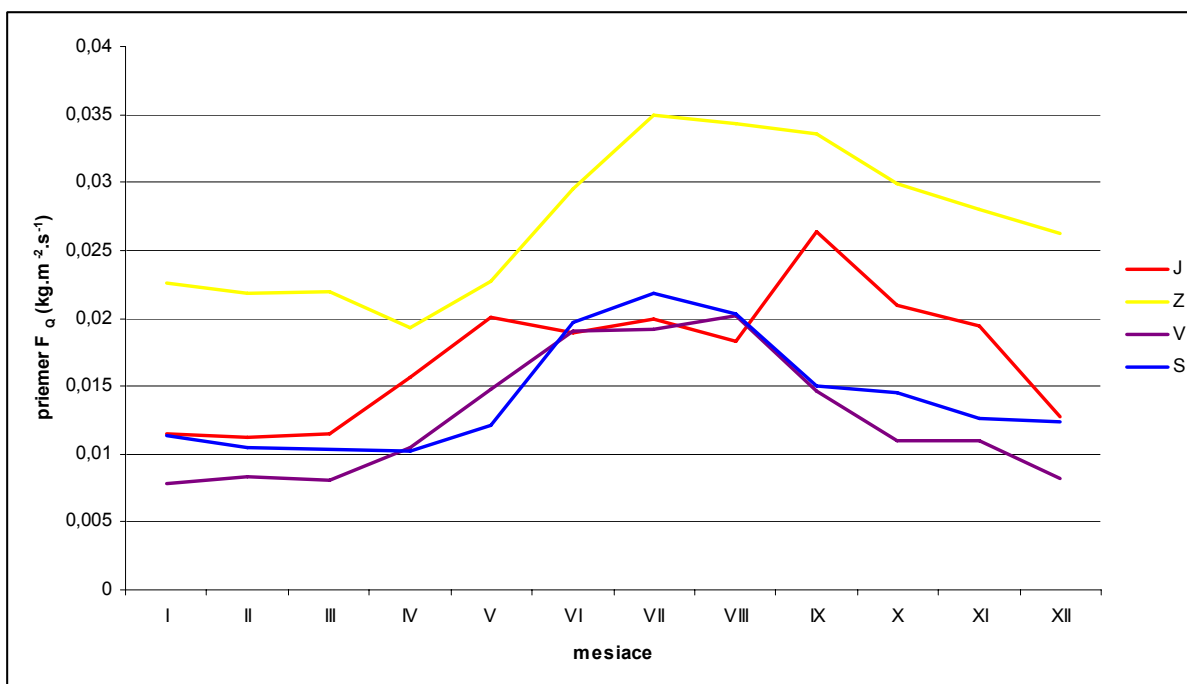
ohrievajú aj ochladzujú. Na 850hPa hladine je znovu zrejماً dominancia západnej zložky. Na tejto hladine si všimame jej relatívne vyrovnaný chod vzhľadom voči ostatným zložkám. Je to zapríčinené vplyvom Atlantického oceána, ktorý zmierňuje extrémny tok vlhkosti.



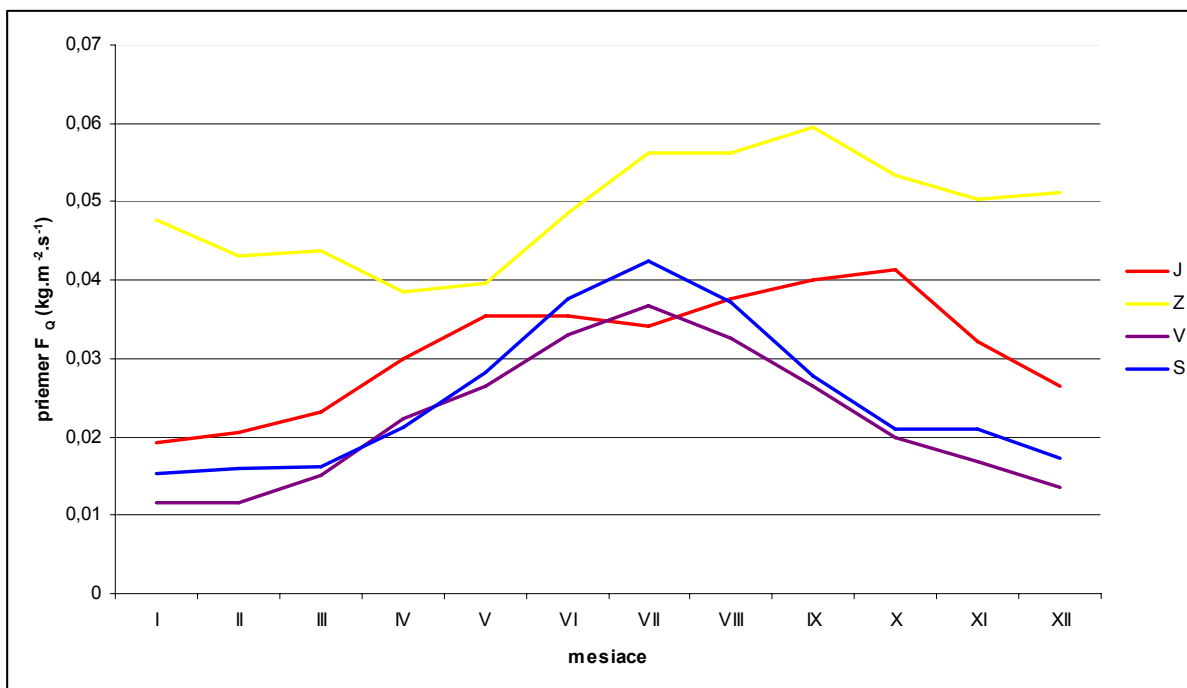
Obr.21 Ročný chod veľkostí zložiek z jednotlivých smerov F_Q na hladine 300hPa.



Obr.22 Ročný chod veľkostí zložiek z jednotlivých smerov F_Q na hladine 500hPa.



Obr.23 Ročný chod veľkostí zložiek z jednotlivých smerov F_Q na hladine 700hPa.

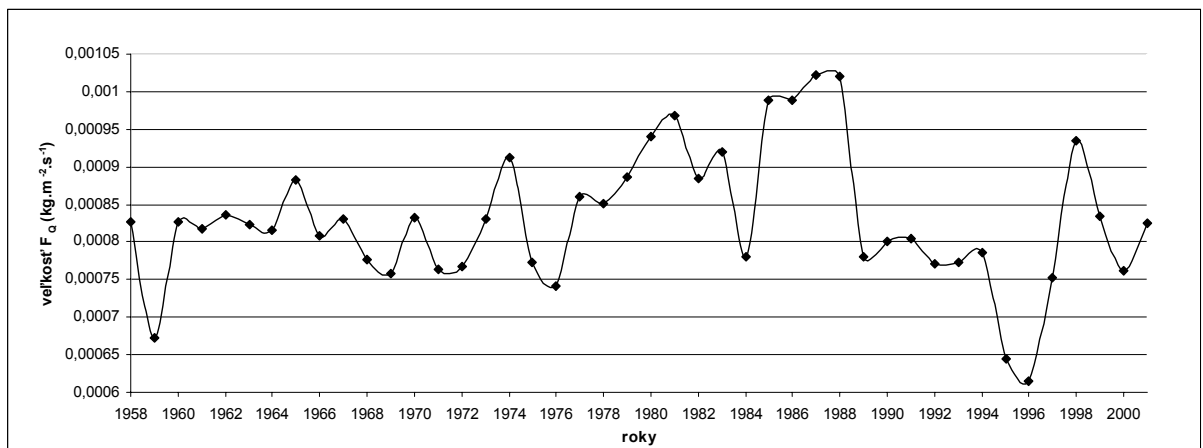


Obr.24 Ročný chod veľkostí zložiek z jednotlivých smerov F_Q na hladine 850hPa.

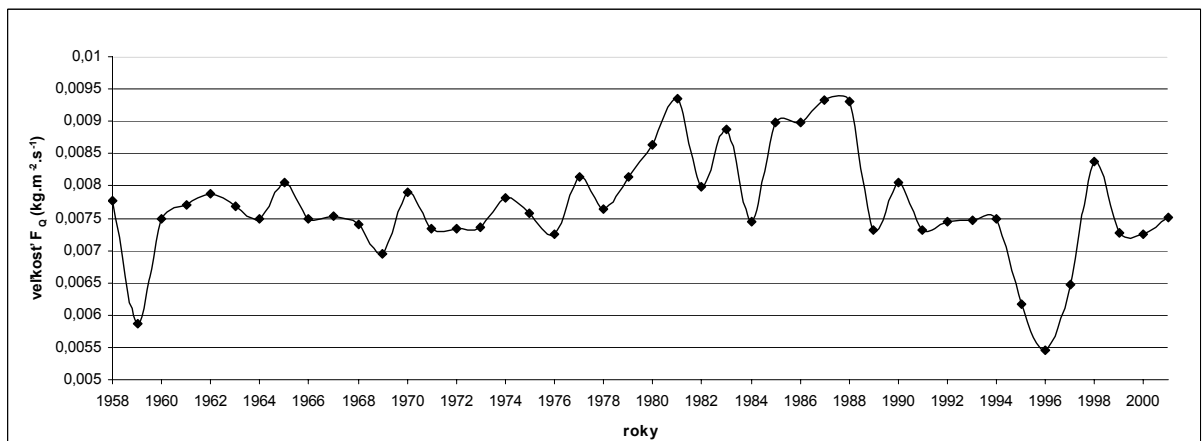
2.5 Medziročná variabilita veľkostí a smerov F_Q .

2.5.1 Medziročná variabilita veľkostí F_Q .

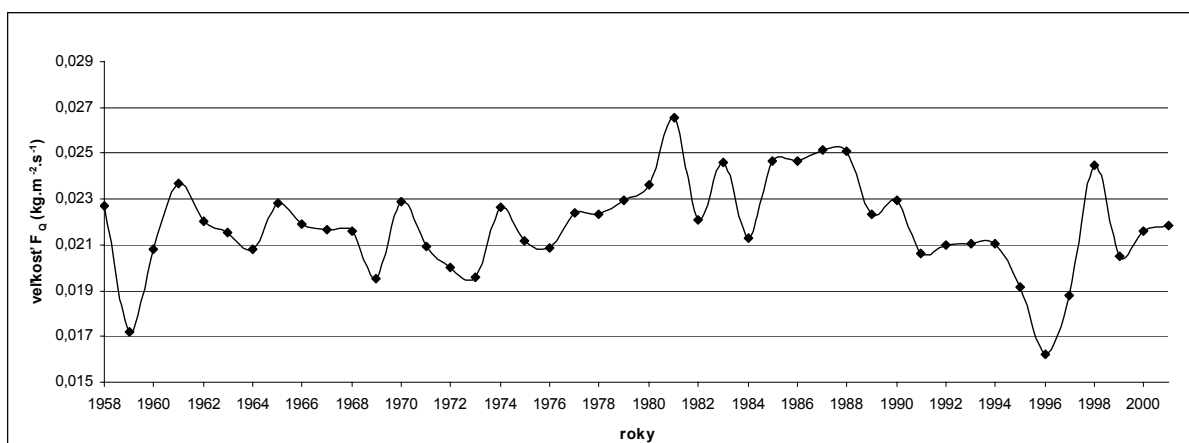
Pri sledovaní medziročného chodu sú medzi jednotlivými hladinami markantné rozdiely, napriek tomu na obr. 25 až 28 sú zrejmé isté trendy. Z kriviek počas sledovaného obdobia vyplývajú dve významné podnormálne priemerné hodnoty veľkosti F_Q . Vyskytujú sa v roku 1959 a v roku 1996. Podpriemerné hodnoty môžu mať za následok deficit zrážok a s tým spojené sucho. Výrazne nadnormálne hodnoty sa vyskytujú v roku 1981 a v roku 1998. Tieto zvýšené hodnoty F_Q zas indikujú zvýšené množstvo zrážok v danom období. Zaujímavé je obdobie rokov 1985 až 1988, keď zvyčajné oscilácie toku vlhkosti nie sú badateľné. Rovnaké odchýlky sú badateľné vo všetkých izobarických hladinách. Relatívne rozpätia minim a maxim sa smerom do vyšších izobarických hladín zväčšujú.



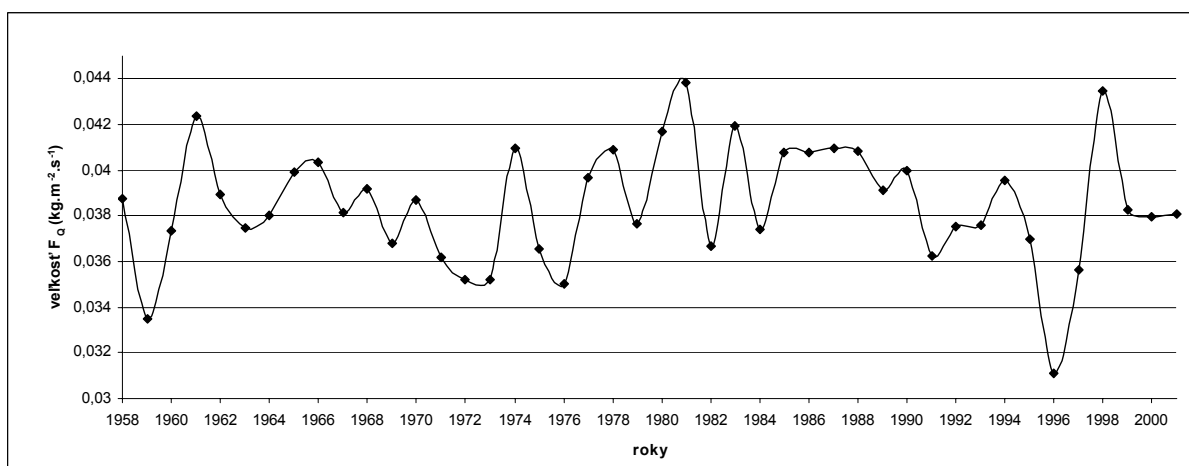
Obr.25 Priemerná ročná veľkosť F_Q na hladine 300hPa.



Obr.26 Priemerná ročná veľkosť F_Q na hladine 500hPa.



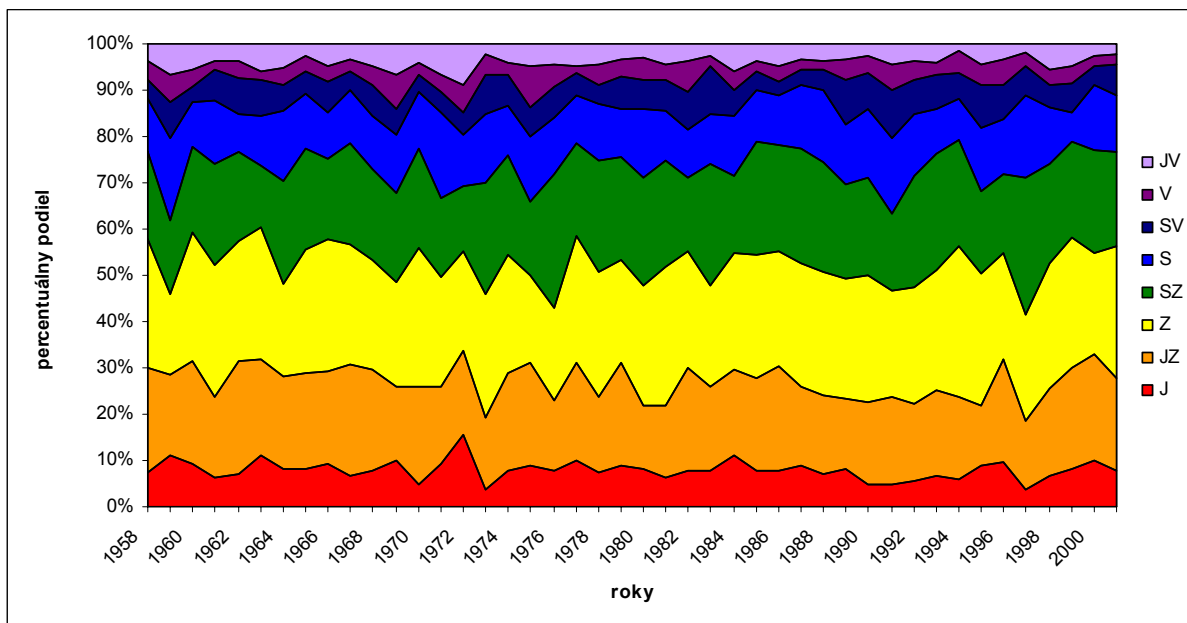
Obr.27 Priemerná ročná veľkosť F_Q na hladine 700hPa.



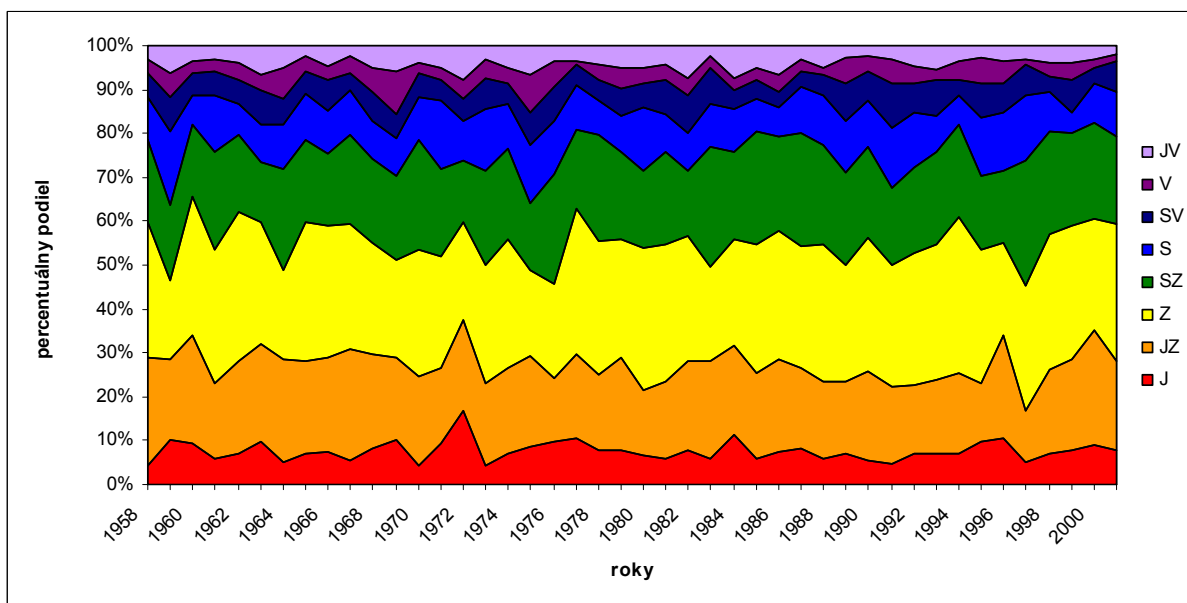
Obr.28 Priemerná ročná veľkosť vektora F_Q na hladine 850hPa.

2.5.2 Medziročná variabilita smerov F_Q .

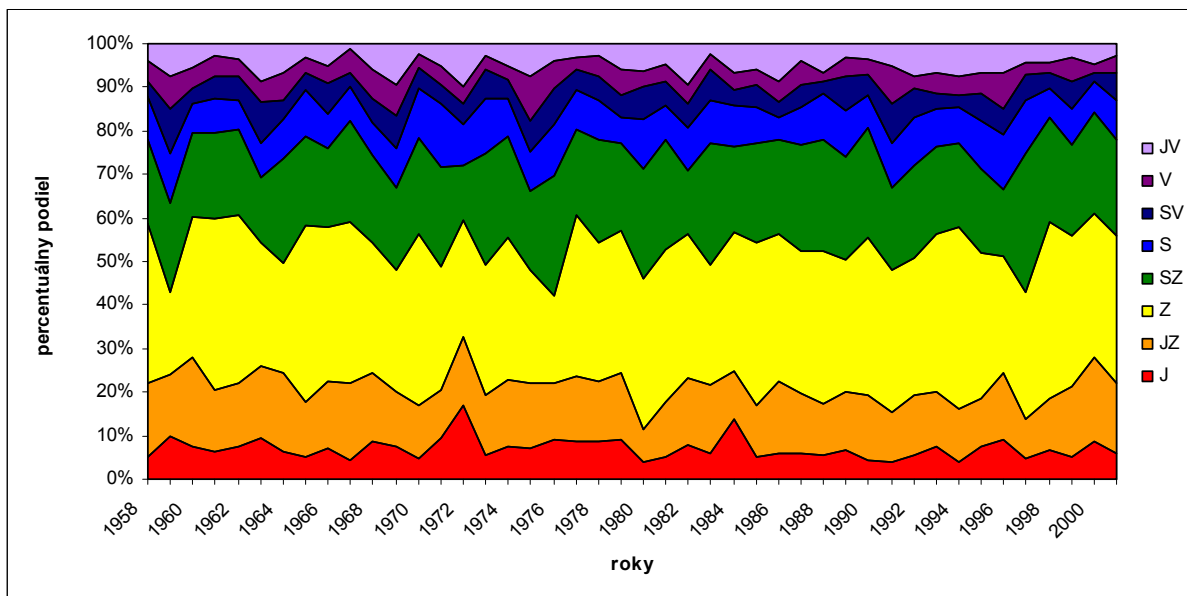
Na obr. 29 až 32 je viditeľná istá medziročná variabilita v smeroch F_Q . V roku 1960 je nevýrazný západný smer F_Q . Podobne je tomu aj v roku 1973, keď je to na úkor smeru F_Q z juhu. V roku 1997 pozorujeme na hladinách 300, 500 a 700hPa značné zosilnenie severozápadného smeru so značným útlmom západného prúdenia. Môže to mať súvis s katastrofickou povodňou v roku 1997. Ak by sme chceli potvrdiť alebo vyvrátiť túto domnienku museli by sme si bližšie všimnúť mesačné alebo denné priemery. Žiaľ na vyvodenie určitých trendov sledujeme značne krátke obdobie a markantnejšie zmeny nie sú z obr. 29 až 32 zrejmé.



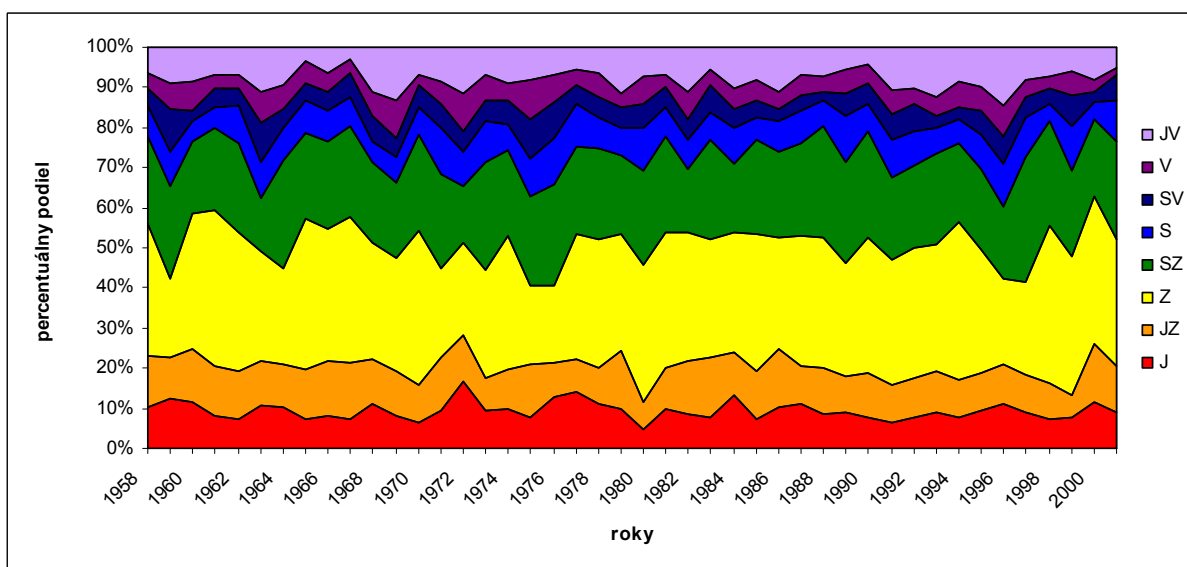
Obr.29 Medziročný percentuálny podiel smerov F_0 na hladine 300hPa.



Obr.30 Medziročný percentuálny podiel smerov F_0 na hladine 500hPa.



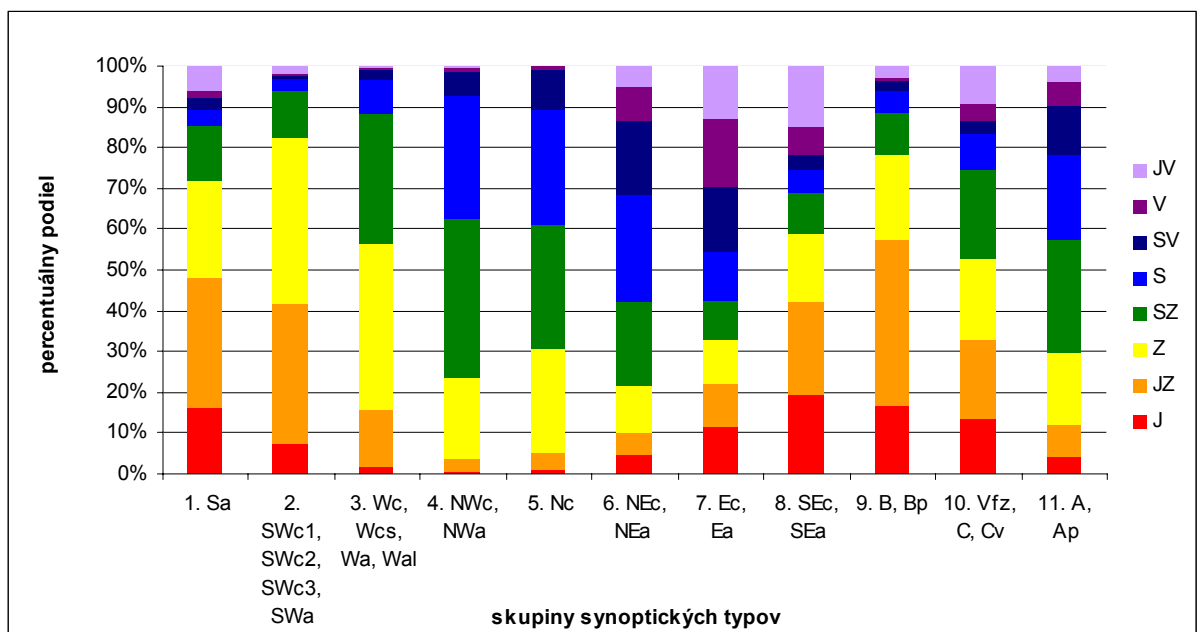
Obr.31 Medziročný percentuálny podiel smerov F_Q na hladine 700hPa.



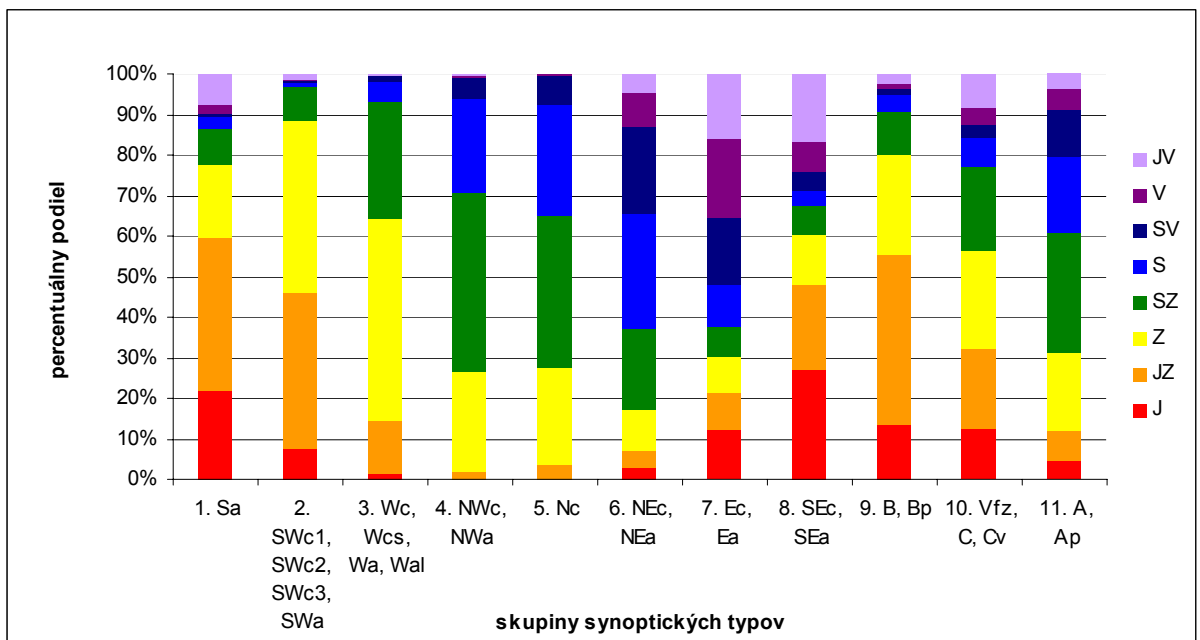
Obr.32 Medziročný percentuálny podiel smerov F_Q na hladine 850hPa.

3 Vzťah F_Q a typov synoptických situácií.

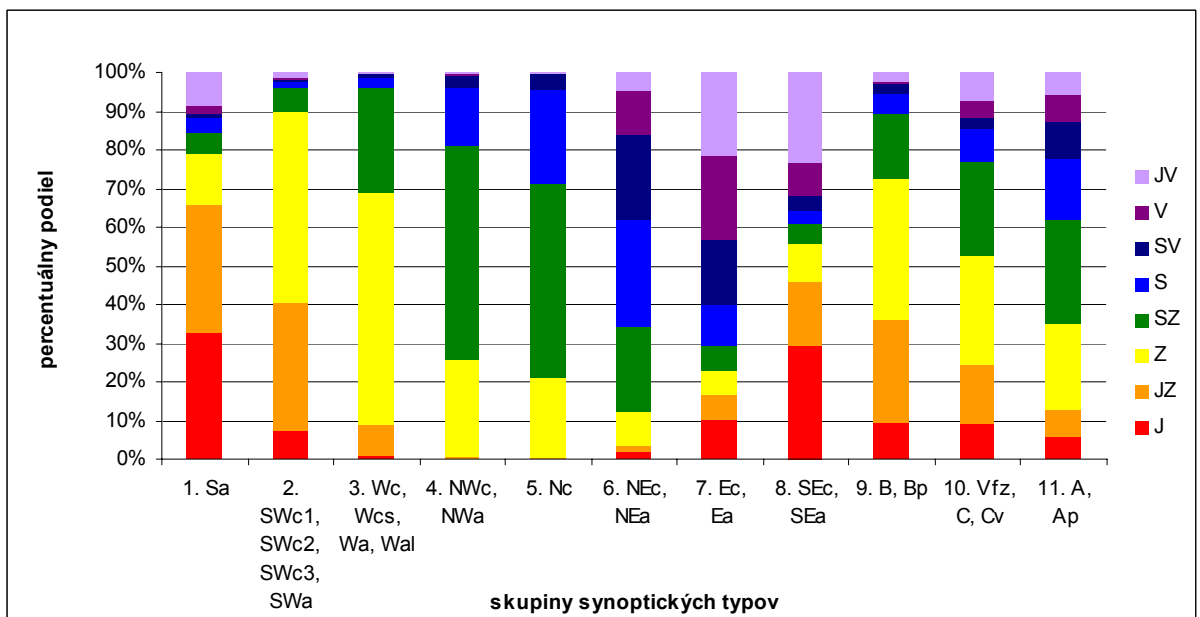
Na obr. 33 až 36 sme graficky znázornili vzťahy skupín synoptických typov so smermi F_Q . Z obrázkov je zreteľný vzájomný vzťah medzi typmi synoptických situácií a smermi F_Q , keďže skupiny sú navrhnuté na základe podobností s prevládajúcim smerom prúdenia. V každej skupine, ako je to z obrázkov zreteľné, sú väčšinou zastúpené všetky smery F_Q . Čím sa posúvame do nižších tlakových hladín, tým sú podobnosti zjavnejšie. Napr. na hladine 300hPa (obr. 34) sa v prvej skupine zastúpenej len typom Sa, predstavuje južný smer F_Q len 18 %, na hladine 850hPa (obr. 37) už skoro 50%. Ďalším príkladom je skupina západných typov poveternostných situácií. Kým na hladine 300hPa (obr. 34) zaujíma približne 40% zo všetkých prípadov, na hladine 850hPa (obr. 37) je to už približne 61% prípadov. Podobný prípadom sú aj severozápadné situácie, ktoré sú dôležité pri sledovaní extrémnych javov spôsobujúcich katastrofické povodne. Na 300hPa hladine (obr. 34) je severozápadný smer F_Q zastúpený 38%, na 850hPa hladine (obr. 37) už 53% všetkých prípadov. Zjavná podobnosť typizácií so smermi F_Q na 850hPa izobarickej hladine, je spôsobená metódou tvorby synoptických typov, ktoré sú vytvárané z máp tlaku vzduchu prepočítavaného na hladinu mora. Zaujímavý je vývoj brázdy nízkeho tlaku vzduchu. V spodných izobarických hladinách je relatívne vyrovnaný pomer smerov. Čím sa však dostávame do vyšších hladín tým viac dominuje juhozápadný a južný smer F_Q .



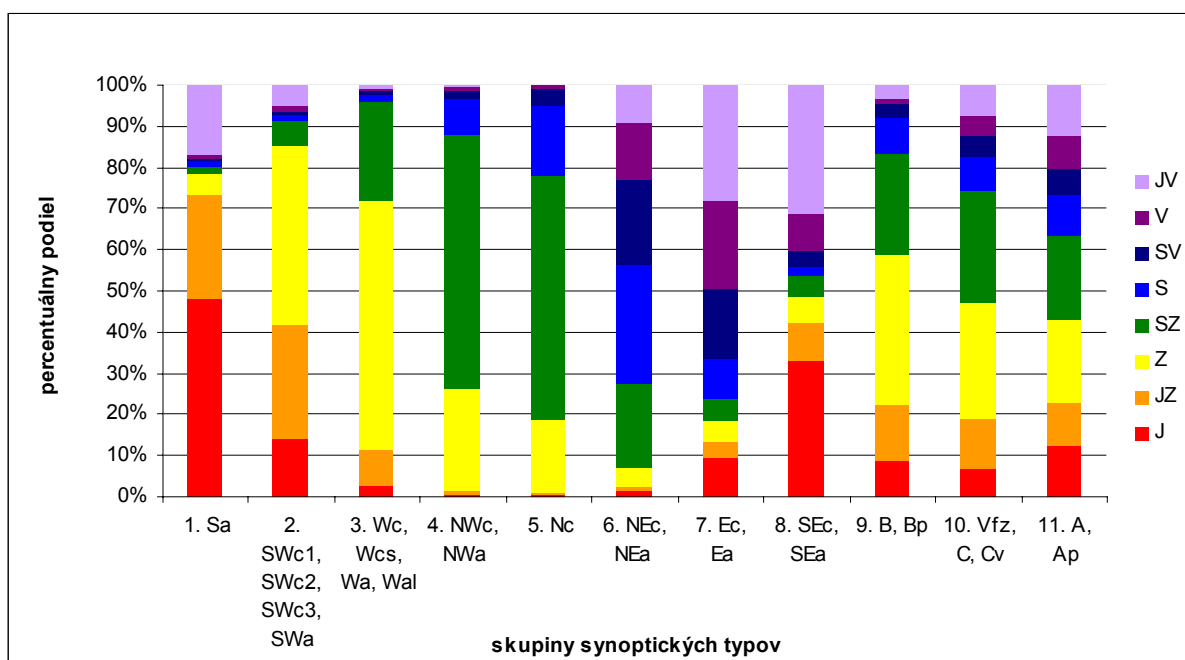
Obr.33 Vzťah smerov F_Q a typov synoptických situácií na hladine 300hPa.



Obr.34 Vzťah smerov F_Q a typov synoptických situácií na hladine 500hPa.



Obr.35 Vzťah smerov F_Q a typov synoptických situácií na hladine 700hPa.



Obr.36 Vzťah smerov F_Q a typov synoptických situácií na hladine 850hPa.

Jednofaktorová rozptylová analýza nám dáva odpoveď na hypotézu či existuje závislosť medzi hodnotami veľkosti toku vlhkosti a typmi poveternostných situácií. Hodnotu (F -vyp.) testovacieho kritéria sme porovnávali s príslušnou tabuľkovou hodnotou F_α -rozdelenia (F_α). Keďže hodnota F -vyp nám v každom sledovanom prípade na každej izobarickej hladine vysoko prevyšovala F_α , tak sme museli zamietnuť nulovú hypotézu (tj. že sledované znaky nie sú v závislosti). Tým pádom sú veľkosti hodnôt F_Q v silnej závislosti od typov poveternostných situácií.

Tab.3 Hodnoty F - vyp. pre každú izobarickú hladinu, hodnoty F_α pre kritérium 0,05 a pre kritérium 0,01.

	F-vyp.	$F_\alpha(0,05)$	$F_\alpha(0,01)$
300hPa	119,7079	1,517959	1,791971
500hPa	160,1422	1,517959	1,791971
700hPa	201,8204	1,517959	1,791971
850hPa	193,3494	1,517959	1,791971

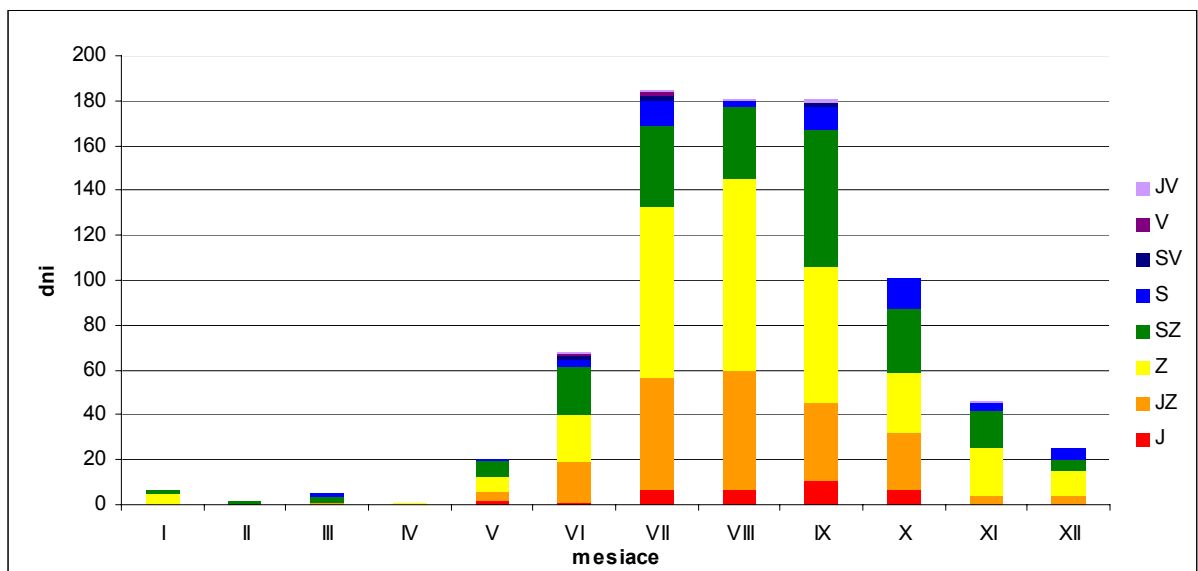
4. Vysoké hodnoty F_Q a typy synoptických situácií.

V tejto kapitole uvažujeme v podmienkach 822 najvyšších hodnôt veľkosti F_Q čo predstavuje 5% hodnôt toku vlhkosti sledovaného súboru.

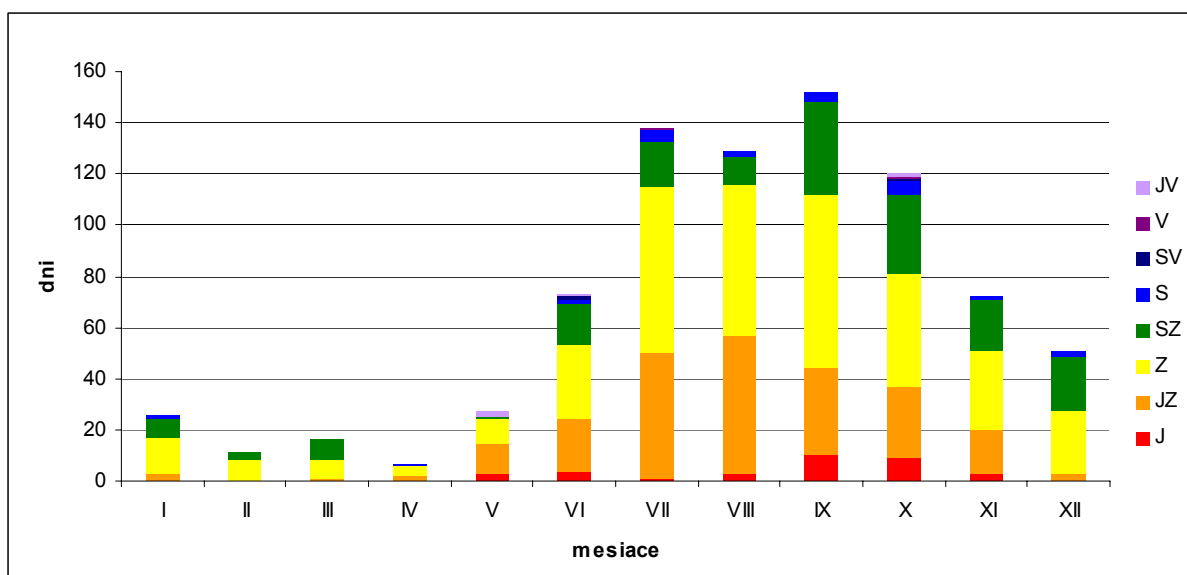
4.1 Ročný chod smerov F_Q .

Pri hodnotení extrémov je z obr. 37 až 40 zjavné, že vysoké hodnoty F_Q sú v ročnom chode dosahované hlavne v letných mesiacoch. Najmarkantnejšie rozdiely vidieť na hladine 300hPa (obr. 38) smerom do nižších izobarických hladín sa vysoké výskyty F_Q prejavujú aj v zimných a jesenných mesiacoch.

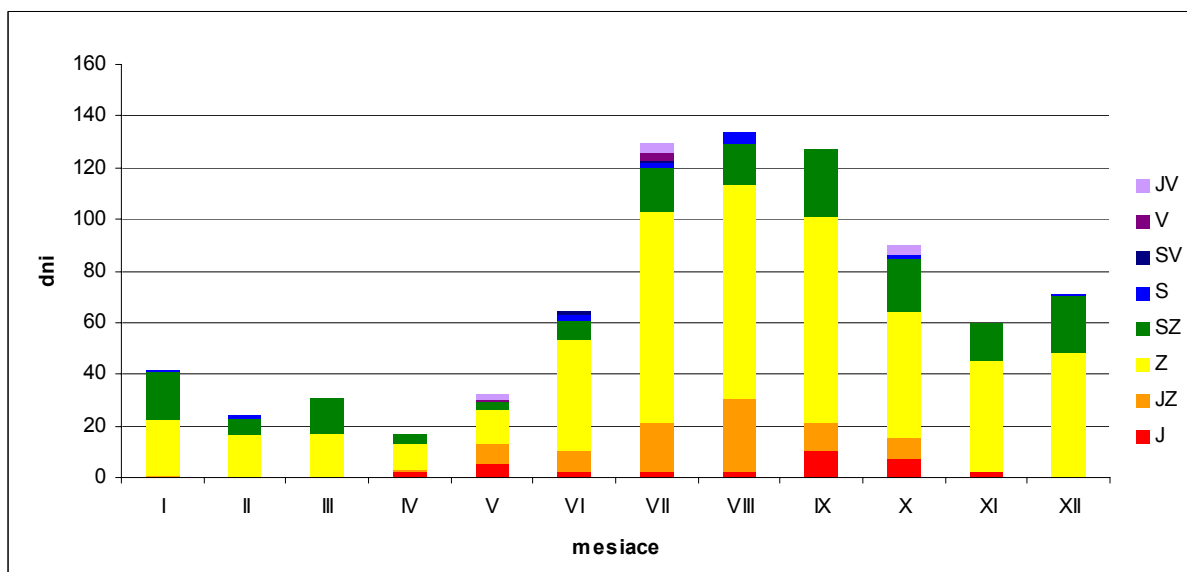
Smerom do nižších izobarických hladín sa rozdiely znižujú, avšak vzrastá pomer západného prúdenia. Kým v letných mesiacoch júl a august predstavuje 30 resp. 40% prípadov na 300hPa (obr. 37) hladine, na 850hPa (obr. 40) hladine už 50 resp. 65% prípadov. Významné zastúpenie majú aj juhozápadný a severozápadný smer F_Q najlepšie je to viditeľné na 300hPa (obr. 37) hladine, kde je dominantný v mesiaci september. V ostatných hladinách sa tieto smery F_Q dostávajú do úzadia až v 850hPa (obr. 40) hladine skoro absentuje juhozápadný smer F_Q . Príčiny tohto javu sú rovnaké ako v kapitole 2.3.2.



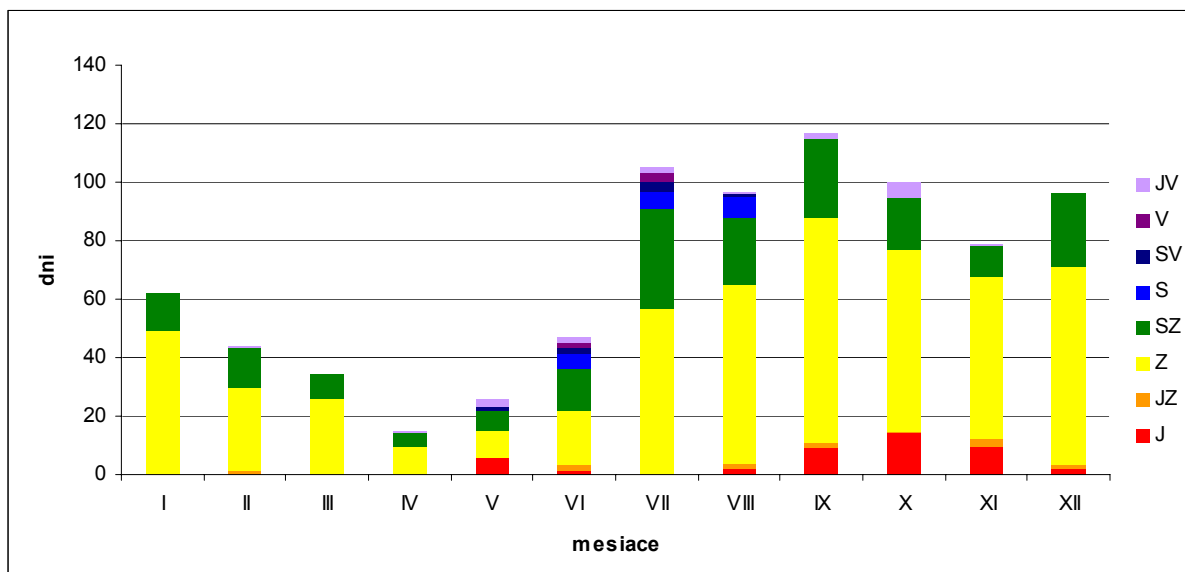
Obr.37 Smery F_Q na hladine 300hPa (5% najvyšších hodnôt toku vlhkosti).



Obr.38 Smery F_Q na hladine 500hPa (5% najvyšších hodnôt toku vlhkosti).



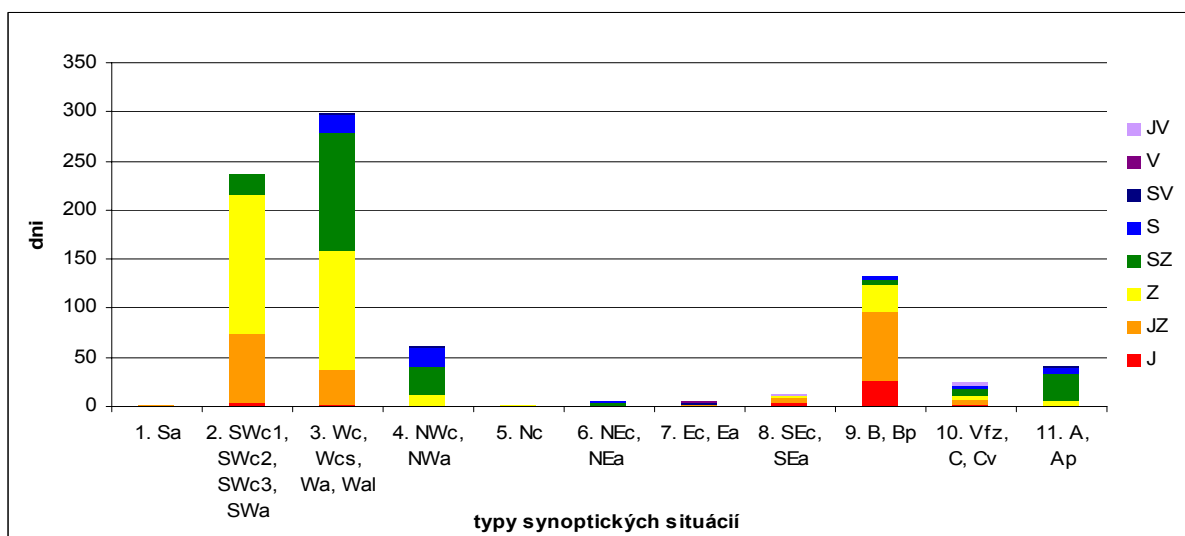
Obr.39 Smery F_Q na hladine 700hPa (5% najvyšších hodnôt toku vlhkosti).



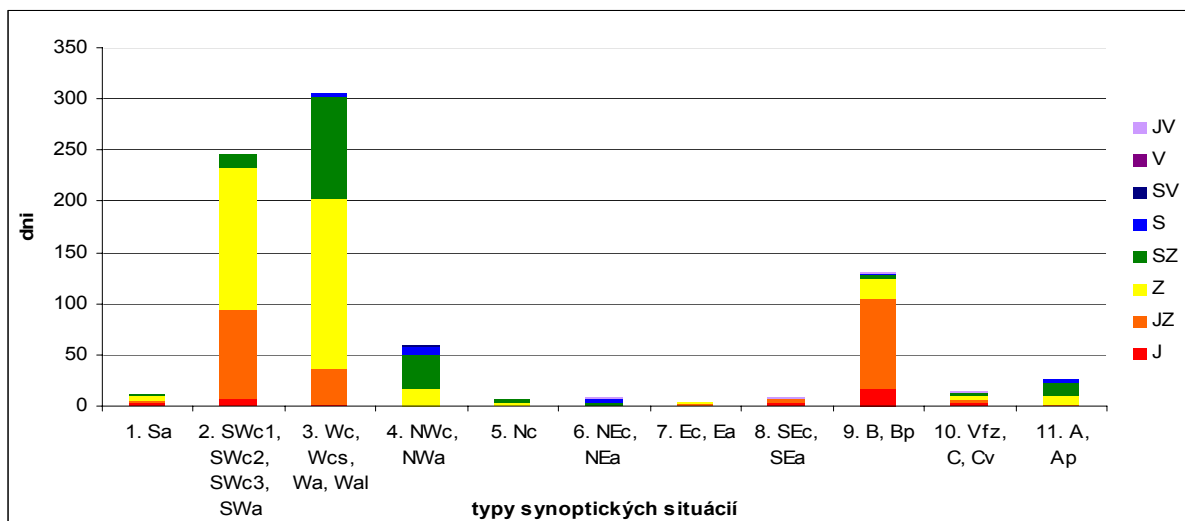
Obr.40 Smerov F_Q na hladine 850hPa (5% najvyšších hodnôt toku vlhkosti).

4.2 Vzťah typov synoptických situácií a smerov F_Q .

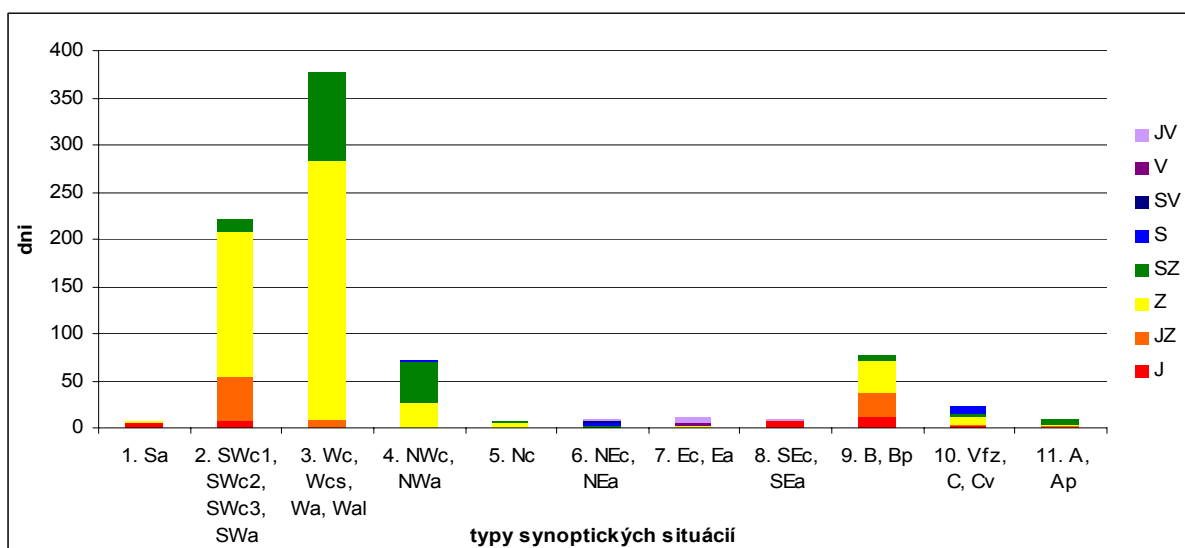
Z obr. 41 až 44 vyplýva, že pri extrémnych tokoch vlhkosti sú štatisticky významné len štyri skupiny typov poveternostných situácií a to skupina západných, juhozápadných a severozápadných typov. K týmto trom typom ešte patrí skupina zahŕňajúca brázdny a putujúce brázdny nízkeho tlaku vzduchu. Pri brázdach je viditeľný jav popísaný v praktickej časti v kapitole 3. Zo smerov F_Q sú významné len juhozápadný, západný a severozápadný. Ich pomer sa líši v závislosti na skupine typov synoptických situácií. Čo je dôležité je zastúpenie severozápadného smeru F_Q pri západných typoch poveternostných situácií. Severné situácie sú zaujímavé. Tok vlhkosti zo severu väčšinou spôsobuje extrémne zrážkové udalosti, ktoré vyúsťujúce do rozsiahlych povodní.



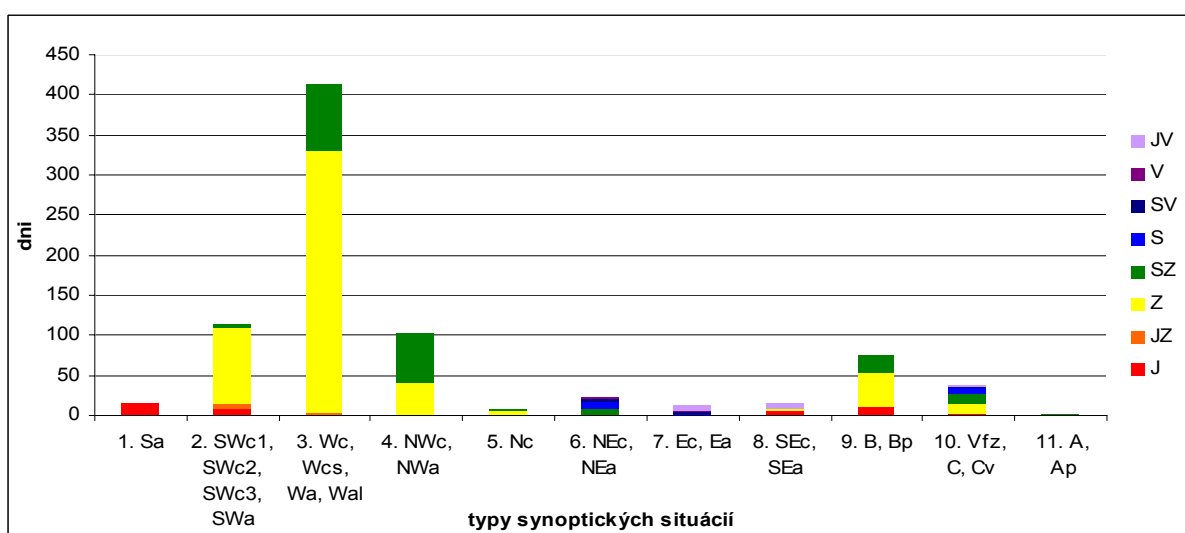
Obr. 41 Vzťah typov synoptických situácií a smerov F_Q na hladine 300hPa (5% najvyšších hodnôt toku vlhkosti).



Obr.42 Vzťah typov synoptických situácií a smerov F_Q na hladine 500hPa (5% najvyšších hodnôt toku vlhkosti).



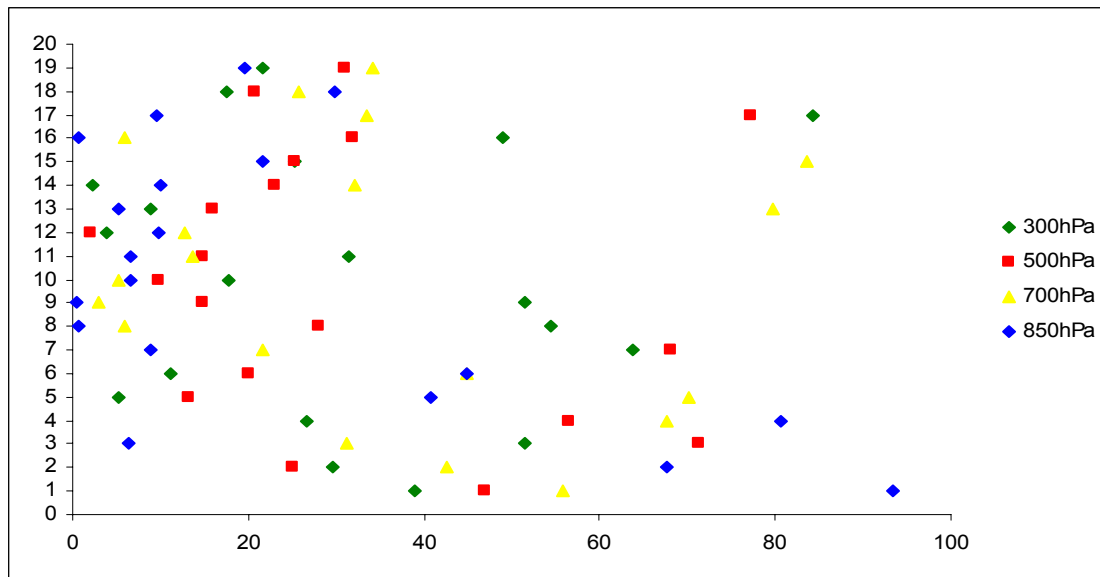
Obr.43 Vzťah typov synoptických situácií a smerov F_Q na hladine 700hPa (5% najvyšších hodnôt toku vlhkosti).



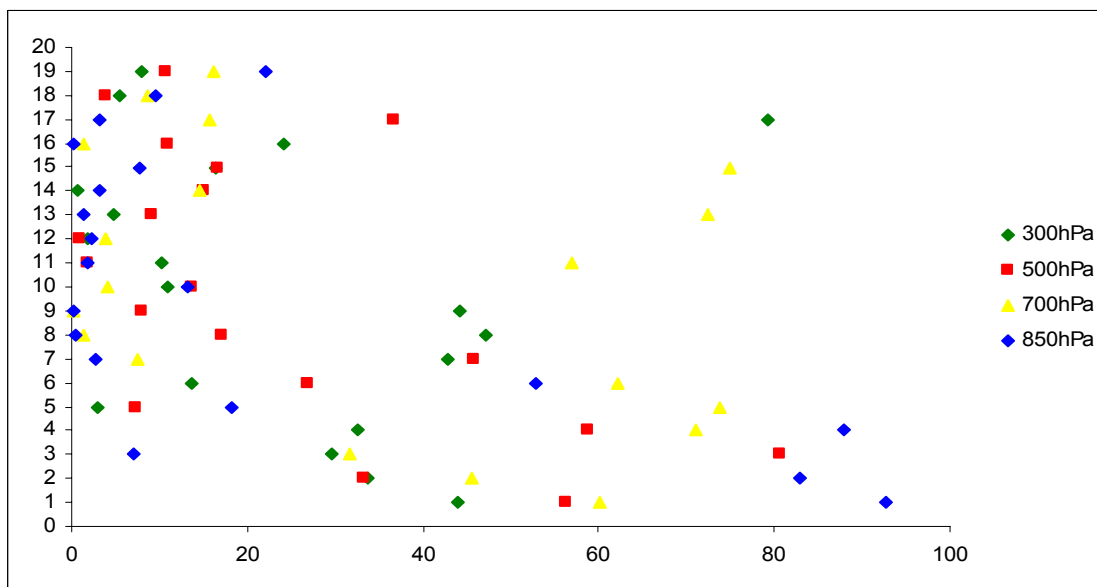
Obr.44 Vzťah typov synoptických situácií a smerov F_Q na hladine 850hPa (5% najvyšších hodnôt toku vlhkosti).

5 Vzťah synoptických typov a F_Q počas extrémnych zrážkových udalostí.

Na obr. 45 si všimame poradie veľkostí F_Q vybraných dní z extrémnymi úhrnmi zrážok. Dni význačných zrážkových udalostí sme prebrali z práce (Kašpar, Müller, 2008). Všimame si hlavne hodnoty v ľavej časti obrázku. Vyznačujú sa najvyššími tokmi vlhkosti. Väčšina hodnôt sa nachádza medzi 30% najvyšších veľkostí F_Q . Najviac vľavo sú kumulované hodnoty veľkostí F_Q na 850hPa hladine. Ešte výraznejšie výsledky vypozerujeme z obr. 46. V ňom sú extrémny ešte viac zastúpené ako na obr. 45. Najvyššie extrémny sú dosahované hodnotami toku vlhkosti na 850hPa hladine podobne ako na obr. 45. Z obr. 45 a 46 je zrejmé, že maximálne zrážky sú sprevádzané vysokými hodnotami F_Q , avšak sú prípady, keď toky vlhkosti nezodpovedajú výrazným zrážkam. Väčšinou to platí pre jednotlivé hladiny zriedkavejšie pre celú sledovanú zrážkovú udalosť. Extrémny F_Q sa vyskytujú aj bez silných zrážok. Je to v závislosti na danej synoptickéj situácii. Toky vlhkosti môžu dosahovať extrémne hodnoty, ale keď v danom prípade z rôznych príčin chýba konvergencia, tak extrémna zrážková udalosť nenastane.

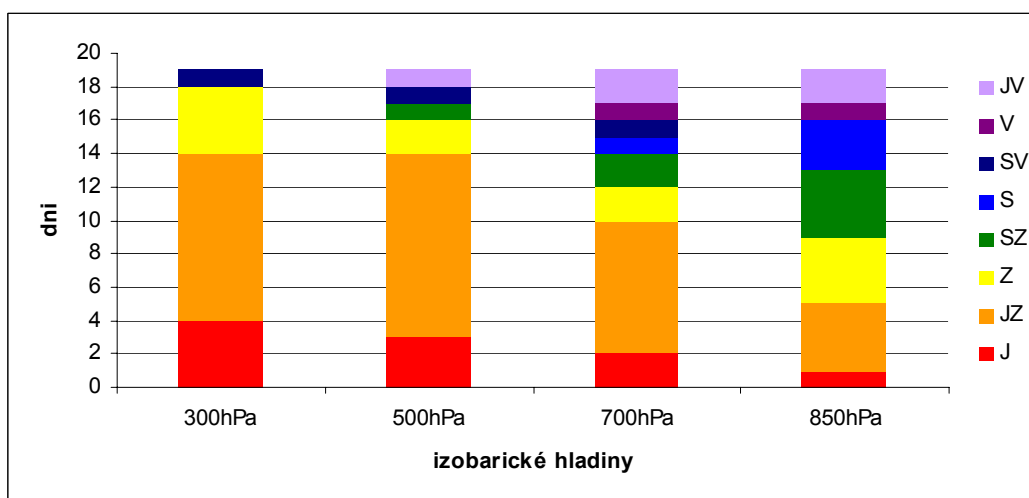


Obr.45 Podiel dní kedy bola veľkosť F_Q väčšia než pri zrážkovej udalosti. Na ose x je poradie veľkosti F_Q zo všetkých hodnôt. Na ose y sú dni, dátumy dní sú v tab.4. Hodnoty prislúchajú v poradí druhému dňu význačnej zrážkovej udalosti.

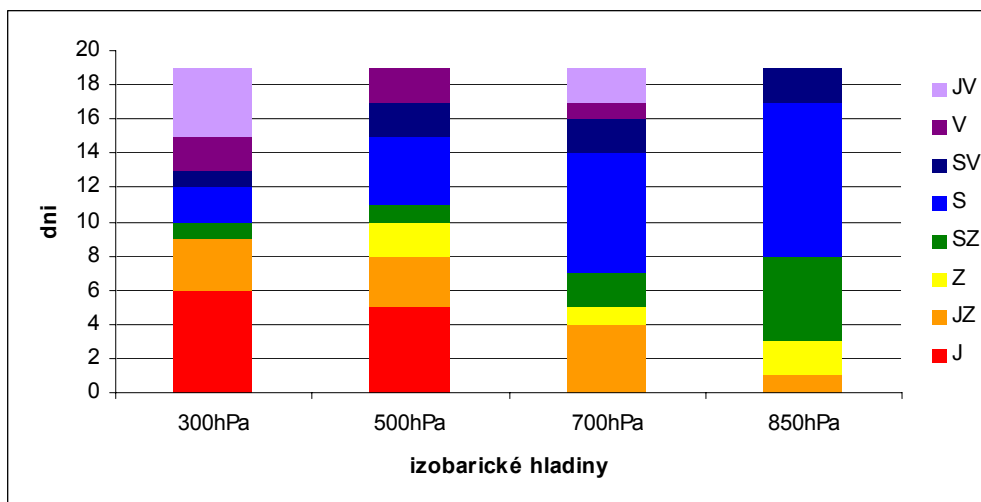


Obr.46 Podiel dní kedy bola veľkosť F_Q na jednotlivých smeroch väčšia než pri zrážkovej udalosti. Na ose x je poradie veľkosti F_Q zo všetkých hodnôt daného smeru. Na ose y sú dni, dátumy dní sú v tab.4. Hodnoty prislúchajú v poradí druhému dňu význačnej zrážkovej udalosti.

Na obr. 47 a 48 si všímame smer F_Q počas význačných zrážkových udalostí na jednotlivých izobarických hladinách. Obr. 47 nám zachytáva smer F_Q počas prvého dňa zrážkovej udalosti. Zjavná je dominancia južnej až juhozápadnej zložky najmä na vyšších izobarických hladinách. Súvisí to s trajektóriou cyklóny, ktorá má väčšinou pri významnej zrážkovej udalosti južný až juhozápadný smer. Týmto smerom prúdi nad územie Českej republiky teplý a vlhký vzduch, ktorý má pôvod v mediteránnej oblasti. Na obr. 48 sledujeme druhý deň význačných zrážkových udalostí. V smere F_Q sa situácia radikálne mení a začína prevládať severný poprípade, severozápadný smer F_Q najlepšie je to vidieť na 850hPa hladine. Súvisí to so stáčaním cyklóny a konvergenciou vzdušných mäs, pričom dochádza k vypadávaní extrémnych zrážok, ktoré spôsobujú katastrofické povodne.



Obr.47 Smery F_Q počas extrémnych zrážok. Situácia počas prvého dňa zrážkovej udalosti. Na ose y sú dni, dátumy dní sú v tab.4.



Obr.48 Smery F_Q počas extrémnych zrážok. Situácia počas druhého dňa zrážkovej udalosti. Na ose y sú dni, dátumy dni sú v tab.4.

Tab.4 Tabuľka vybraných extrémnych zrážok. V tabuľke sú smery toku F_Q a poradie veľkosti F_Q v danom smere F_Q . Hodnoty prislúchajú v poradí druhému dňu význačnej zrážkovej udalosti.

por. číslo	deň	synop. typ	smere F_Q 300hPa	poradie v smere 300hPa	smere F_Q 500hPa	poradie v smere 500hPa	smere F_Q 700hPa	poradie v smere 700hPa	smere F_Q 850hPa	poradie v smere 850hPa
1	2.7 1958	C	JZ	1378	JZ	1810	JZ	1399	JZ	1696
2	21.5 1960	SWC ₃	JZ	1056	Z	1524	JZ	1063	Z	4192
3	12.8 1960	SWC ₃	JV	206	Z	3700	SZ	1114	SZ	250
4	14.7 1963	Wal	SZ	1116	SZ	1946	SZ	2499	SZ	3159
5	8.8 1964	C	J	39	J	93	JZ	1720	S	237
6	8.6 1968	NEc	JZ	427	JZ	860	Z	3345	SZ	1897
7	16.7 1970	B	JV	296	SV	460	S	114	S	35
8	20.8 1972	C	S	955	S	288	S	21	SZ	16
9	31.7 1977	C	S	897	S	132	S	3	S	2
10	7.8 1978	C	J	145	JZ	437	JZ	96	Z	670
11	16.7 1979	Cv	V	65	V	12	SV	19	S	24
12	18.6 1981	B	J	23	J	12	JV	35	SV	20
13	2.8 1983	B	J	62	J	116	SV	522	S	19
14	6.8 1985	Bp	JV	5	J	192	S	219	S	43
15	14.9 1995	Vfz	J	216	J	211	JV	662	S	100
16	5.7 1997	NEc	V	154	S	353	S	20	S	3
17	18.6 2001	NEc	J	1042	S	1180	S	235	S	42
18	6.8 2002	C	JV	38	V	25	V	65	SV	84
19	11.8 2002	C	SV	82	SV	108	S	242	SZ	796

Čo sa týka výskytu typov synoptických situácií, tak najčastejší je výskyt cyklón nad strednou Európou (C), okrem toho sú zastúpené brázdny nízkeho tlaku vzduchu (B) alebo severovýchodné cyklonálne situácie (NEc) (viď. tab.4).

Zhrnutie výsledkov a diskusia

Cieľom diplomovej práce bolo skúmať tok vlhkosti z viacerých aspektov a určiť jeho vzťahy vzhľadom na typizáciu kolektívu HMÚ na území Českej republiky. Na základe použitej metodiky sme dospeli k daným výsledkom.

Ak interpretujeme výsledky denného chodu musíme konštatovať, že denný chod toku vlhkosti je nevýrazný. Naopak výrazné rozdiely sú zrejmé pri sledovaní tvarov kriviek toku vlhkosti v izobarických hladinách 300, 500, 700 a 850hPa. Sú silne asymetrické. Hladina 700hPa má hodnoty F_Q približne o polovicu menšie ako hladina 850hPa, hladina 500hPa už približne šesťnásobne nižšie a hladina 300hPa dokonca tridsaťsedemnásobne nižšie. Z toho vyplýva, že ak sa pohybujeme z izobaricky nižších hladín do vyšších, stretávame sa s výrazným úbytkom vlhkosti v troposfére.

Pri sledovaní relatívnej početnosti dní jednotlivých smerov F_Q a veľkostí F_Q je zjavná dominancia západného smeru F_Q voči ostatným. Najmarkantnejšie je to na hladine 850hPa. Ak opomenieme severozápadný smer, tak počtom prípadov prevyšuje ostatné asi štvornásobne, avšak čo sa týka extrémov, tak západný smer F_Q nedosahuje v priemere ani dvojnásobok extrémov F_Q ako ostatné. Keď hodnotíme smery F_Q v závislosti na veľkosti F_Q , tak sú zjavné výrazné disproporcie, hlavne čo sa týka homogenít a heterogenít medzi jednotlivými intervalmi či izobarickými hladinami. Čím sú hodnoty vzhľadom na narastajúcu veľkosť F_Q extrémnejšie, tým sú heterogénnejšie. Podobne narastá heterogenita, ak sa presúvame z vyšších izobarických hladín do nižších. Súvisí to s väčším vplyvom zemského povrchu na nižšie izobarické hladiny. Západné smery F_Q dominujú hlavne v nižších hladinách. Je to spôsobené tým, že vlhký vzduch má pôvod zväčša v oceáne. Smerom do vyšších hladín sa vzdušná vlhkosť znižuje, a tým sa vytráca aj vplyv oceána.

V ročnom chode smerov F_Q je najvyrovnanější tok z hľadiska smerov na jar, keď bývajú najčastejšie zmeny počasia. Zaujímavý je juhovýchodný smer. V máji vykazuje anomálne vysoké hodnoty zastúpenia. Ročný chod je najviac badateľný na 850hPa hladine. Na jar je časté striedanie počasia a smery F_Q sú relatívna vyrovnané. Na jeseň je zjavné výrazné prúdenie z južných oblastí Európy. Súvisí to s teplotnou singularitou- babím letom.

V ročnom chode veľkostí F_Q pri porovnaní priemerných mesačné teplôt v Čechách s absolútnymi hodnotami F_Q je výrazný posun hodnôt. Podobný posun je badateľný aj pri zrážkach. Tento posun má za následok, že minimá toku vlhkosti sú dosahované v apríli a maximá sa posúvajú až do jesene. Je to spôsobené teplotnou zotrvačnosťou oceána. Pri normovaných tokoch vlhkosti sú zjavné tieto výsledky: 300hPa hladina narastá z minima na

maximum približne o 60%, 500hPa hladina približne o 50%, 700hPa hladina o 48% a nakoniec 850hPa hladina len o 40%.

Pri interpretácii ročného chodu veľkostí zložiek F_Q je výrazná dominancia západnej zložky. Keďže má pôvod v oceáne má voči ostatným relatívne vyrovnaný chod. Najzreteľnejšie je to na 850hPa hladine. Severná zložka má minimum na jar. Príčinou je zimná ľadová pokrývka severnej časti Atlantického oceána, či Severného ľadového oceána. Južná zložka vektora v porovnaní so severnou dosahuje v lete vyššie hodnoty ako v zime. Je to pochopiteľné vzhľadom na zmenu ročných období. V oblastiach Balkánu v povodí Drávy a Sávy, ktoré sú voči južnej zložke toku vlhkosti najviac exponované dochádza k najvýraznejším zrážkam v období septembra a októbra (Müller a kol., 2009). V tom čase je aj najvýraznejší tok vlhkosti z juhu na území Českej republiky. Najlepšie ho vidno na 700hPa izobarickej hladine. Východná zložka dosahuje počas roka nižšie hodnoty, až na leto. Tento rozdiel medzi zimným a letným polrokom je zapríčinený kontinentálnymi vzdušnými masami, ktoré sa nad kontinentom rýchlo ohrievajú aj ochladzujú.

V medziročnej variabilite veľkostí a smerov F_Q nie sú zjavné výrazné trendy. Snáď len, že rovnaké odchýlky sú badateľné vo všetkých izobarických hladinách. Relatívne rozpätia miním a maxím sa smerom do vyšších izobarických hladín zväčšujú. Na získanie relevantnejších výsledkov pri sledovaní ročného chodu by sme museli použiť rozsiahlejší súbor dát zahrňujúci dlhšie časové obdobie.

Pri sledovaní vzťahov F_Q a typov synoptických situácií si všímame zjavnú závislosť medzi smermi F_Q a skupinami typov poveternostných situácií. Najviac je to zreteľné medzi prvými ôsmimi skupinami, ktoré sú vytvorené vzhľadom na svetové strany. Zaujímavý je vzťah brázdy nízkeho tlaku, ktorá má výrazný vertikálny vývoj vzhľadom na smer F_Q rozpoznateľný na 300, 500, 700 a 850hPa izobarických hladinách.

Jednofaktorová analýza rozptylu nám dokazuje jednoznačnú závislosť medzi typmi poveternostných situácií a veľkosťou F_Q . F -vyp nám v každom sledovanom prípade vysoko prevyšuje hodnotu F_α . Táto metóda nám žiaľ iba určí či existuje závislosť medzi porovnávanými triedami a v rámci tried. Na zistenie ďalších vzájomných vzťahov by sme museli použiť napr. Scheffeho test alebo iné (Meloun, Militký, 2002).

Zaujímavé výsledky nám prezentuje kapitola, v ktorej skúmame vzťah synoptických typov a F_Q , počas extrémnych zrážkových udalostí. Dokazuje výraznú závislosť zrážok od tokov vlhkosti, hlavne počas druhého dňa trvania extrémnej zrážkovej udalosti. Z 19 sledovaných prípadov sa však vyskytli aj také, pri ktorých nebol dokázaný vplyv toku vlhkosti na extrémne zrážky. Podobne je tomu aj v prípade, že tok vlhkosti dosahuje extrémnych hodnôt a zrážková

situácia nenastane. Preto treba brať do úvahy celkový vývoj synoptickej situácie. Z obr. 47 a 48 môžeme vyčítať výraznú zmenu prúdenia pri porovnávaní prvého a druhého dňa extrémnej zrážkovej udalosti. Prvý deň prevláda južné až juhozápadné prúdenie, ktorým prúdi teplý a vlhký vzduch z oblasti Stredozemného mora nad územie Českej republiky. Druhý deň sa jeho smer mení na severné, poprípade až severozápadné prúdenie, a vplyvom konvergencie vznikajú extrémne zrážky, ktorých následkom sú rozsiahle povodne. Zrážky v nami posudzovaných situáciách sú počítané od šiestej do šiestej hodiny, kým tok vlhkosti je určovaný v termínoch 00 UTC, 06 UTC, 12 UTC a 18 UTC. Takto nám vzniká 6 hodinová medzera. Týmto prístupom pri porovnávaní tokov vlhkosti s extrémnymi úhrnmi zrážok nám vznikajú isté disproporcie.

Metodika použitá v diplomovej práci sa dá aplikovať len v rámci územia bývalého Československa, keďže typizácia kolektívu HMÚ bola vytvorená konkrétne pre toto územie. Rozšíriť túto metodiku na väčšie územie napr. strednú Európu resp. Európu by si vyžadovalo zmenu typizácie poveternostných situácií na subjektívnu typizáciu vytvorenú pre konkrétne územie. Ak by sme si zvolili typizáciu vytvorenú na základe objektívnych parametrov, tak by sa nám pravdepodobne nezhodovala so smermi F_Q ako subjektívna typizácia, keďže objektívne typizácie sú vytvárané na princípoch zhlukovej analýzy.

Záver

Predkladaná diplomová práca sa zaoberá typizáciami poveternostných situácií a tokom vlhkosti v atmosfére. Splňa stanovené ciele a vnáša viac svetla do problematiky hodnotenia vzťahov medzi tokom vlhkosti a typizáciou kolektívu HMÚ. Tok vlhkosti je komplexná veličina, ktorá je funkciou rýchlosti vetra a vlhkosti vzduchu. V niektorých prípadoch za extrémne toky vlhkosti môže rýchlosť vetra, v niektorých vysoká vlhkosť vzduchu v troposfére a v niektorých vysoké hodnoty obidvoch komponentov. Pre nás je preto mimoriadne zaujímavé ich porovnanie a vplyv na tok vlhkosti.

V práci, sa pri hodnotení toku vlhkosti, neprihliada na vertikálny pohyb vzduchových hmôt, ktorý je popísaný napríklad relatívnou vorticitou. Pomocou nej v budúcom výskume presnejšie popíšeme konvergenciu vzduchových hmôt. Po pridaní vertikálnej zložky do dvojrozmerného modelu pozostávajúceho zo zložiek F_QV a F_QU dostaneme presnejšie výstupy. Pomocou nich sa zlepší interpretačná hodnota súčasných výsledkov. Okrem toho sa určite nájde priestor na interpretáciu nových skutočností, ktoré pomocou súčasnej metodiky nevieme hodnotiť.

Atmosféra predstavuje komplikovaný dynamický systém, ktorého extrémny silne ovplyvňujú ľudskú spoločnosť. Zvýšením záujmu o jednotlivé veličiny, ktoré tento dynamický systém popisujú a podporou ich skúmania rozvineme znalosti o danej problematike. Rozvojom výskumu synoptických ukazovateľov, ktoré sme hodnotili aj v tejto práci, v budúcnosti možno budeme vedieť predpovedať extrémne výkyvy počasia.

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRI A ĎALŠÍCH PRAMENŮV

Knihy a časopisy

Ballon, L., Forgáč, P., Molnár, F., 1964. *Počasie na území Slovenska za typických poveternostných situácií*. HMÚ, Praha.

Bebber, 1883 W. J. van Beber, *Typische Witterungserscheinungen*, Zeitschrift der Österreichischen Gesellschaft für Meteorologie 16 (1883), pp. 447–458

Bissolli, P., Dittmann, E., 2001. *The objective weather types classification of the German Weather Service and its possibilities of application to environmental and meteorological investigations*. 4. vyd., Met. Zeitschr., roč. 10, s. 253-260.

Bosilovich, M. G., Sun, W. Y., 1999. *Numerical simulation of the 1993 midwestern flood: Local and remote sources of water*. J.Geophys. Res., 104, s. 19 415–19 423.

Brádka, J., 1972. *Srážky na území ČSSR při jednotlivých typech povětrnostných situací*. Sborník prací Hydrometeorologického ústavu v Praze, roč.18. s. 8-62.

Brádka, J., Dřevíkovský, A., Gregor, Z., Kolesár, J., 1961. *Počasí na území Čech a Moravy v typických povětrnostných situacích*. HMÚ, Praha.

Brázdil, R. a kol., 2005. *Historické a současné povodně v České republice*. 1. vyd., Masarykova univerzita v spolupráci s ČHMÚ, Brno, 369 s.

Cahynová, M., Huth, R., 2007. *Trendy v kalendáři povětrnostných situací HMÚ/ČHMÚ v období 1946–2002*. Meteorologické Zprávy, Praha.

Enke, W., Schneider, F., Deutschländer, Th., 2005. *A novel scheme to derive optimized circulation pattern classifications for downscaling and forecast purposes*. Theor. Appl. Climatol., 82, s. 51-63.

Hess, P., Brezowsky, H., 1952. *Katalog der Grosswetterlagen Europas*. Berichte des Deutschen Wetterdienstes in der US-Zone, roč. 33.

Huth, R., et al., 2008. *Classifications of Atmospheric Circulation Patterns*. Annals of the New York Academy of Sciences, 1146, s.105-152.

James, P., Stohl, A., Spichtinger, N., Eckhardt, S., Forster, C., 2004. *Climatological aspects of the extreme European rainfall of August 2002 and a trajectory method for estimating the associated evaporative source regions*. Natural Hazards and Earth System Sciences, 4, s. 733–746.

Jenkinson, A. F., Collison, F. P., 1977. *An initial climatology of gale over the North Sea*. Synoptic Climatology Branch Memorandum No. 62, Meteorological Office, Bracknell.

Kalkstein, L.S., 1991. *A new approach to evaluate the impact of climate upon human mortality*. Environ. Health Perspect, 96, s. 145–150.

- Kašpar, M., Müller, M., 2008. *Selection of historic heavy large-scale rainfall events in the Czech Republic*. Natural Hazards and Earth System Sciences 8, s. 1359–1367.
- Keil, C., Volkert, H., Majewski, D., 1999. *The Oder flood in July 1997: Transport routes of precipitable water diagnosed with an operational forecast model*. Geophysical Research Letters 26, s. 235–238.
- Kolektiv ČHMÚ., 2007. *Atlas podnebí Česka*. 1. vyd., Český hydrometeorologický ústav, Praha, 255 s.
- Kolektiv synoptické a letecké služby hydrometeorologického ústavu, 1968. *Katalog povětrnostních situací pro území ČSSR*. 1. vyd., Hydrometeorologický ústav, Praha, 94 s.
- Kolektiv synoptické a letecké služby hydrometeorologického ústavu, 1972. *Katalog povětrnostních situací pro území ČSSR*. Hydrometeorologický ústav, Praha, 40 s.
- Lamb, Hh., 1972. *British Isles weather types and a register of the daily sequence of circulation patterns, 1861–1971*. Geophysical Memoirs, London, 116.
- Meloun, M., Militký, J., 2002. *Kompendium statistického zpracování dat*. 1. vyd., Academia, Praha, 768 s.
- Muller, Ra., 1977. *A synoptic climatology for environmental baseline analysis*. Journal of Applied Meteorology, New Orleans, 16, s. 20–33.
- Müller, M., Kašpar, M., Řezáčová, D., Sokol, Z., 2009. *Extremeness of meteorological 4 quantities as an indicator of extreme precipitation events*. Atmospheric Research, 92, s. 308-317.
- Müller, M., Kašpar, M., Řezáčová, D., Sokol, Z., 2006. *Extremita meteorologických prvků před velkoprostorovými dešťovými povodněmi v České republice- index LSF*. Meteorologické zprávy, 3, s. 65-75.
- Nosek, M., 1972. *Metody v klimatologii*. Academia, Praha, 434 s.
- Rein, F., 1959. *Weather typing with regard to dynamic climatology*. Studia geophysica et geodaetica, roč. 3, č.2.
- Řezáčová, D. a kol., 2003. *Posouzení hydrometeorologických podmínek vzniku významných letních povodní na území ČR na základe porovnání situace ze srpna 2002 s vybranými srážkovými epizodami a extrémními podmínkami. Závěrečná zpráva o řešení dílčího úkolu projektu MŽP ČR, Praha :ÚFA AV ČR. , Vyhodnocení katastrofální povodně v srpnu 2002, 78s. (<http://www.ufa.cas.cz/html/meteo/povodne2002/index.html>).*
- Řezáčová, D., Kašpar, M., Müller, M., Sokol, Z., Kakos, V., Hanslian, H., Pešice, P., 2005. *A comparison of flood precipitation in August 2002 with historical extreme precipitation events from the Czech territory*. Atmospheric Research 77, s. 354–366.
- Salvisberg, E., 1996. *Wetterlagenklimatologie- Möglichkeiten und Grenzen ihres Beitrages zur Klimawirkungsforschung im Alpenraum*. Dissertation Univ. Bern.

Schüepp, M., 1968. *Regionale Klimabeschreibungen*. Beiheft z.d. Ann. Schweiz. Meteorol. Zentralanstalt, 2, 245 s.

Schwartz, MD., 1991. *An integrated approach to air mass classification in the North Central United States*. Professional Geographer, 43, s. 77–91.

Sheridan, SC., 2002. *The redevelopment of a weather-type classification scheme for North America*. International journal of climatology, 22, s. 51-68.

Sobišek, J. a kol., 1993. *Meteorologický slovník výkladový a terminologický*. 1. vyd., Academia, Ministerstvo životního prostředí ČR, Praha, 594 s.

Uppala, S. M., et al., 2005. *The ERA-40 re-analysis*. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 131, s. 2961-3012.

Weyhenmeyer, C. E., Burns, S. J., Waber, H. N., Macumber, P. G., 2002. *Isotope study of moisture sources, recharge areas, and groundwater flow paths within the eastern Batinah coastal plain, Sultanate of Oman*. Water Resources Res., 38.

Yamanaka, T., Shimada, J., and Miyaoka, K., 2002. *Footprint analysis using event-based isotope data for identifying source area of precipitated water*, J. Geophys. Res., 107.

Yarnal, B., 1993. *Synoptic Climatology in Environmental Analysis*. Belhaven Press, London, 18, 195 s.

Internetové zdroje

-http://www.chmi.cz/meteo/om/mk/inter/Typiz_soubory/frame.htm (citované dňa 27.1 2009)

-<http://www.cost733.org/> (citované dňa 12.2 2009)

-http://www.cpc.noaa.gov/products/precip/CWlink/pna/month_ao_index.shtml (citované dňa 11.3 2009)

-<http://www.ecmwf.int/research/era/do/get/era-40> (citované dňa 2.1 2009)

-<http://www.knmi.nl/samenw/cost719/powerpoint/budapest2004/ECAC%20COST%20WLK.pdf> (citované dňa 2.4 2009)

-<http://eldum.phil.muni.cz/course/view.php?id=21&topic=9> (citované dňa 17.1 2009)

-www.chmi.cz/meteo/om/mk/syntypiz/kalendar.html (citované dňa 3.2 2009)