

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

Přírodovědecká fakulta

Katedra fyzické geografie a geoekologie



Vojtěch VALTR

Vliv substrátu a reliéfu na diverzitu rostlin v CHKO
Křivoklátsko

*Influence of substrate and relief on plant diversity in the
Křivoklátsko PLA*

Diplomová práce

Praha 2013

Vedoucí diplomové práce: RNDr. Tomáš Chuman, Ph.D.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze,

Podpis:

Tímto bych chtěl vyjádřit poděkování svému vedoucímu práce RNDr. Tomáši Chumanovi, Ph.D. za ochotu, pomoc a trpělivost při zpracování této diplomové práce.

Zadání diplomové práce

Název práce

Vliv substrátu a reliéfu na diverzitu rostlin v CHKO Křivoklátsko

The influence of substrate and relief on plant diversity in the Křivoklátsko PLA

Cíle práce

Stručná definice hlavního a případných dílčích cílů práce v rozsahu maximálně 3 řádky textu

- zhodnocení vlivu substrátu a reliéfu na diverzitu rostlin v CHKO Křivoklátsko

Použité pracovní metody, zájmové území, datové zdroje

Výčet základních metodických přístupů, použitých pro úspěšné naplnění cílů, vymezení zájmového území, případně stanovení hlavních datových zdrojů, v rozsahu maximálně 10 řádek textu.

Diplomová práce bude založena na rešerši literatury pojednávající o vlivu substrátu a reliéfu na rozšíření a diverzitu rostlin. V modelovém území CHKO Křivoklátsko pak bude zhodnocen vztah diverzity rostlin a substrátové a reliéfové diverzity.

Data: Flóra Křivoklátska, topografické mapy, geologická mapa ČR, pedologická mapa ČR

Datum zadání:

Jméno studenta: Vojtěch Valtr

Podpis studenta:.....

Jméno vedoucího práce: RNDr. Tomáš Chuman, Ph.D.

Podpis vedoucího práce:

Vliv substrátu a reliéfu na diverzitu rostlin v CHKO Křivoklátsko

Abstrakt

Křivoklátsko se nachází západně od Prahy po obou stranách řeky Berounky. V roce 1978 zde byla vyhlášena chráněná krajinná oblast, která má zajistit udržení přírodní rozmanitosti a zasloužit se o zlepšení stavu místní přírody. Přírodní prostředí ovlivňuje skrze reliéf, podloží a substrát rozmanitost cévnatých rostlin. V první části této práce stručně charakterizují území Křivoklátska, dále pak popíší, jak reliéf a substrát ovlivňují diverzitu cévnatých rostlin. V druhé části se zaměřím na zhodnocení vlivu substrátu a reliéfu diverzitu rostlin na Křivoklátsku. V chráněné krajinné oblasti Křivoklátsko má největší vliv na diverzitu rostlin gradient nadmořské výšky, dále je pak podstatné také sklonitost svahů a jejich expozice. Z hlediska substrátu má největší význam kategorie prostředí substrátu, která svojí diverzitou mírně ovlivňuje bohatost cévnatých rostlin na Křivoklátsku, nicméně tento význam je výrazně menší než vliv nadmořské výšky a sklonitosti svahů.

Influence of substrate and relief on plant diversity in the Křivoklátsko PLA

Abstract

Křivoklátsko is located west of Prague on both sides of the Berounka River. In 1978 was declare in that location protected land area, which will maintain natural diversity and provide the improvement of the local nature. Natural environment affects diversity of vascular plant through relief, bedrock and substrate. In the first part of this diploma thesis I briefly characterized area of Křivoklátsko, next will be description of relief and substrate influence on vascular plant diversity. In the second part i will focus on evaluation of relief and substrate influence on plant on Křivoklátsko. In protected land area Křivoklátsko has elevation gradient greatest influence on plant diversity, other like slope and exposition influences are noticeable. In terms of substrate is of utmost importance acidity of the medium, which affects the richness of its diversity of vascular plants in Křivoklátsko.

Obsah

1. Úvod.....	9
2. Přírodní prostředí CHKO Křivoklátska	10
2.1. Geomorfologie.....	11
2.2. Geologie	12
2.3. Hydrografie.....	14
2.4. Klima	15
2.5. Charakteristika půd	15
2.6. Rostlinstvo.....	16
2.7. Paleogeografický vývoj	18
3. Vliv substrátu a reliéfu na rozšíření rostlin	21
3.1. Vliv reliéfu na rozšíření rostlin.....	21
3.1.1. Makrorelief.....	21
3.1.2. Mezoreliéf	21
3.1.3. Mikrorelief	23
3.2. Vliv substrátu na rozšíření rostlin	23
4. Specifické abiotické podmínky a jejich vliv na diverzitu rostlin	26
4.1. Ekofenomény vázané na reliéf	26
4.1.1. Vrcholový ekofenoménn.....	26
4.1.2. Anemo – orografické systémy.....	28
4.1.3. Říční a údolní fenomén	29
4.1.4. Expoziční fenomén.....	30
4.1.5. Efekt hmotnosti pohoří	32
4.2. Ekofenomény spojené se specifickým půdotvorným substrátem	32
4.2.1. Pískovcový fenomén	32
4.2.2. Krasový fenomén	33
4.2.3. Slánovcový fenomén	34
4.2.4. Neovulkanitový fenomén.....	35
4.2.5. Hadcový fenomén	36
4.2.6. Fenoménn sutí.....	36
5. Metodika.....	38
5.1. Vysvětlující proměnné.....	40
5.2. Použité metody	42
6. Výsledky.....	43

6.1. Diverzita rostlin v závislosti na uvolňování alkalických prvků do prostředí.....	43
6.2. Vliv prostředí substrátu na diverzitu rostlin.....	44
6.3. Vliv geochemické reaktivity substrátu na diverzitu rostlin.....	46
6.4. Vliv geologického podloží na diverzitu rostlin.....	48
6.5. Vliv reliéfu na diverzitu rostlin v CHKO Křivoklátsko.....	49
7. Diskuse.....	50
8. Závěr.....	54
Seznam použité literatury:.....	55
PŘÍLOHY.....	61

SEZNAM TABULEK

tab. č. 1: Seskupení hornin dle různých kritérií použité jako vysvětlující proměnné.....	39
tab. č. 2: Zastoupení kategorií uvolňování alkalických prvků do prostředí ve čtvrcích.....	40
tab. č. 3: Počet kategorií prostředí substrátu ve čtvrcích.....	40
tab. č. 4: Počet kategorií geochemické reaktivity ve čtvrcích.....	41
tab. č. 5: Počet kategorií geologického podloží ve čtvrcích.....	41
tab. č. 6: Diverzita prostředí substrátu a průměrný počet rostlin ve čtvrci.....	44
tab. č. 7: Počet druhů reaktivity substrátu a průměrný počet druhů rostlin ve čtvrci.....	46
tab. č. 8: Kategorie geochemické reaktivity s plochou ve čtvrci větší než 75 %.....	47

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. č. 1: CHKO Křivoklátsko v České republice.....	10
Obr. č. 2: Geomorfologické členění CHKO Křivoklátsko.....	11
Obr. č. 3: CHKO Křivoklátsko.....	12
Obr. č. 4: Geologické podloží CHKO Křivoklátsko.....	14
Obr. č. 5: Půdy v CHKO Křivoklátsko.....	16
Obr. č. 6: Geobotanická mapa CHKO Křivoklátsko.....	17
Obr. č. 7: Schéma podélného profilu anemo – orografického systému.....	28
Obr. č. 8: Potenciální přímé sluneční záření.....	31
Obr. č. 9: Počet druhů v závislosti na kategorii uvolňování alkalických prvků do prostředí ve čtvrci.....	44
Obr. č. 10: Závislost počtu druhů na počtu typů prostředí ve čtvrci.....	45
Obr. č. 11: Závislost počtu druhů na počtu kategorií reaktivity ve čtvrci.....	46
Obr. č. 12: Závislost počtu druhů na převažující kategorii reaktivity substrátu ve čtvrci.....	47

Obr. č. 13: Závislost počtu druhů na převažující kategorii geologického podloží ve čtverci.....	48
Obr. č. 14: Závislost počtu druhů rostlin na nadmořské výšce.....	49

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Kategorie geologického podloží v CHKO Křivoklátsko podle Jačkové (2007)

1. Úvod

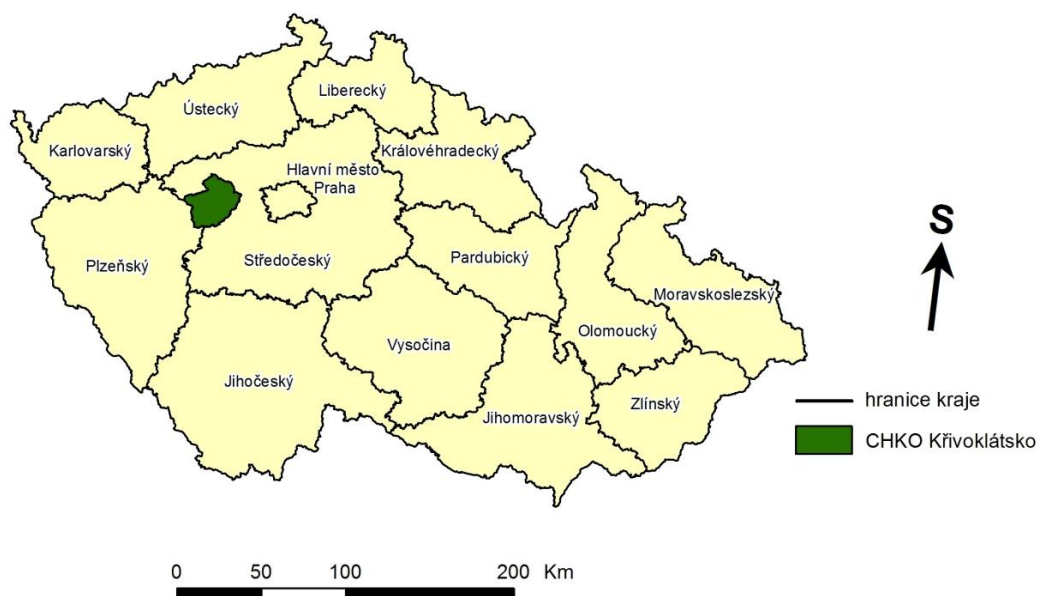
Souvisle zalesněná oblast se rozkládá západně od Vltavy podél řeky Berounky a ve svém středu má starobylý hrad Křivoklát. Podle něj se také tato oblast nazývá - Křivoklátsko. Je to oblast velmi zachovalé přírody, díky níž zde byla vyhlášena Chráněná krajinná oblast, jedna z největších v České republice. Nejvýznamnější z přírodního bohatství jsou zde lesy, které tvoří přes dvě třetiny území CHKO. Velký podíl lesů má několik důvodů, jeden z významnějších je fakt, že v historické době se jednalo o královský lovecký revír, díky čemuž bylo osídlení malé. Malý rozsah osídlení zůstal do dnešní doby, oblast Křivoklátska je dodnes spíše turistickým cílem, ať už pro vodní turistiku či pro turistiku pěší po krásách přírodních i kulturních.

Život a výskyt rostlin závisí na přírodním prostředí. Ať už se jedná o povrch, charakter reliéfu, podloží či substrát, vše nějakým způsobem ovlivňuje podmínky dané oblasti a zejména díky nim je v dané lokalitě různě vysoká diverzita rostlin. Každý z jednotlivých faktorů ovšem nemá stejný vliv na diverzitu rostlin, existují rozdíly.

V první části na úvod popíšu velmi stručně přírodní prostředí Křivoklátska a jeho vývoj. Dále představím, jak obecně působí reliéf a substrát na diverzitu rostlin, věnovat se budu také jiným ekologickým fenoménům. V druhé části práce se zaměřím na vlastní zhodnocení přirozeného ovlivňování diverzity prostředím, zejména na vliv substrátu, a pak také reliéfu na diverzitu rostlin v CHKO Křivoklátsko. Cílem práce je tedy v modelovém území CHKO Křivoklátsko zhodnotit vztah diverzity rostlin a substrátové a reliéfové diverzity daného prostředí.

2. Přírodní prostředí CHKO Křivoklátska

Na západ od Prahy na okraji středních Čech se nachází rozlehlá Chráněna krajinná oblast Křivoklátsko (Obr. č. 1). Tato krajina byla za chráněnou krajinnou oblast vyhlášena 24.11 1978 ministerstvem kultury, v celkové rozloze 627,92 km² (Kolbek et al. 1997). Z hlediska státní správy a samosprávy zasahuje CHKO Křivoklátsko do Středočeského a Plzeňského kraje. Křivoklátsko celé nebo jeho části jsou také zapsané na seznamu biosférických rezervací UNESCO a ptačích oblastí NATURA 2000. V současné době ministerstvo životního prostředí připravuje v centrální části Křivoklátska změnu úrovně ochrany přírody z Chráněné krajinné oblasti na Národní park (MZP 2012).

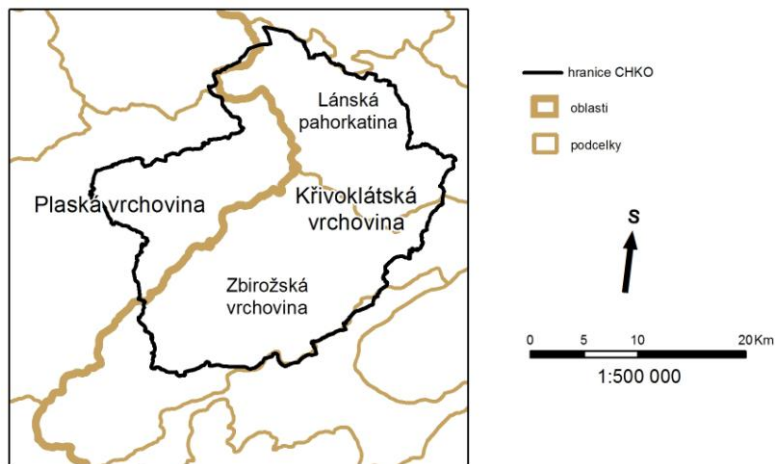


Obr. č. 1: CHKO Křivoklátsko v České republice

Zdroj: ArcČR

2.1. Geomorfologie

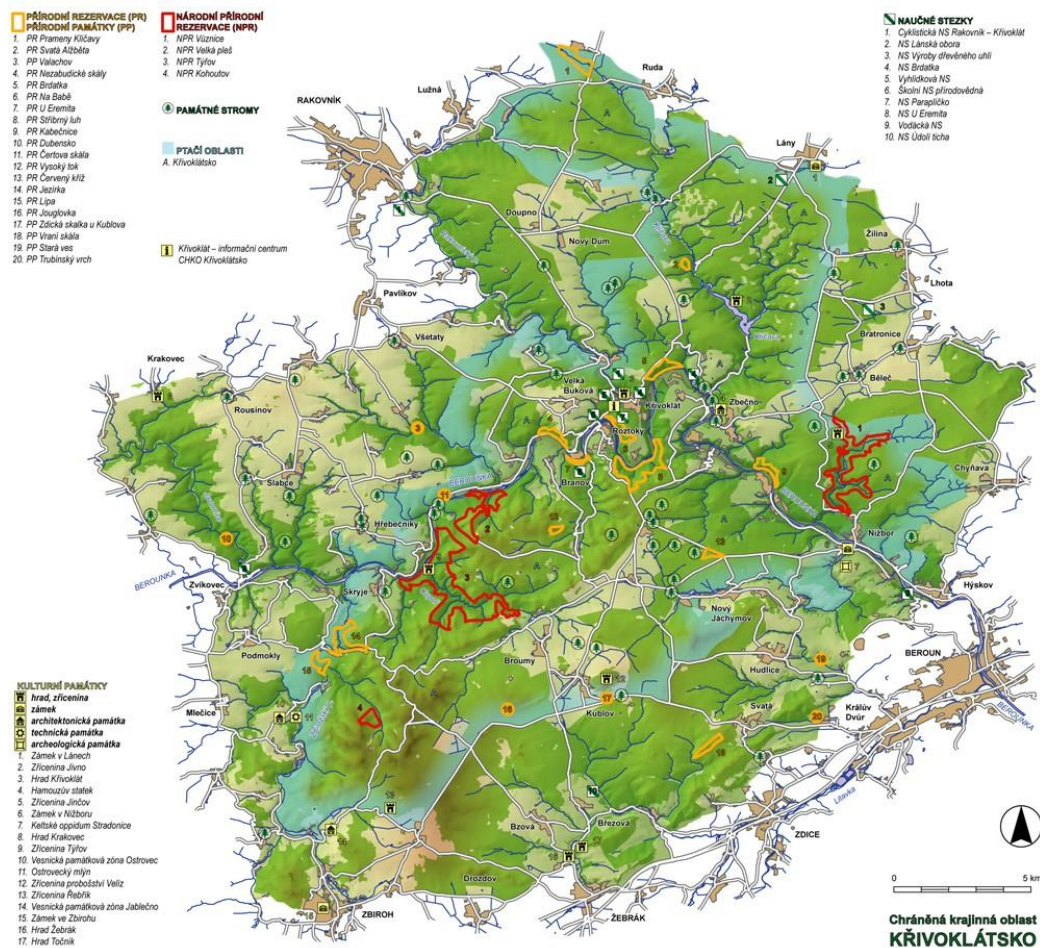
Chráněná krajinná oblast Křivoklátsko se téměř celým svým územím nachází v Křivoklátské vrchovině (Obr. č. 2), pouze její severozápadní část se nachází ve vrchovině Plaské (Balatka, Kalvoda 2006).



Obr. č. 2: Geomorfologické členění CHKO Křivoklátsko

Zdroj: INSPIRE

Nejvyšším bodem CHKO Křivoklátska je vrch Těchovín (616 m n. m.), nejnižším bodem (217 m n. m.) je pak řeka Berounka v místě, kde opouští Křivoklátsko na jeho východní straně u Berouna (Kolbek et al. 1997). Celkově je povrch velmi členitý, zejména díky hlubokým údolím řeky Berounky a jejich přítoků (Obr. č. 3). Největší relativní převýšení dosahující až 250 m se nachází právě v údolí této řeky.



Obr. č. 3: CHKO Křivoklátsko

Zdroj: AOPK 2006

2.2. Geologie

Z geologického hlediska jsou dominantní proterozoické horniny – břidlice, svory, fylity. Menší část území zasahuje pásmo proterozoických až paleozoických vulkanitů. U vesnice Podmokly na západě území se nachází kvartérní formace stejně jako v údolí řeky Berounky, kde jsou patrné říční terasy vytvořené v průběhu středního a svrchního pleistocénu (Balatka, Sládek 1962).

Nejstarší horniny na Křivoklátsku jsou z mladšího proterozoioka, a jsou to fylitické břidlice, droby a prachovce. Těmito horninami místy pronikají paleobazalty a buližníkové suky, které jsou odolnější vůči zvětrávání. Proterozoické břidlice jsou spíše minerálně slabé, ovšem jejich ekologické vlastnosti mohou být modifikovány druhotnou impregnací uhličitánem vápenatým, křemennou výplní či pyritem.

Buližníky, minerálně slabé horniny, velmi obtížně zvětrávají a díky tomu vznikají v krajině výrazné kamýky. Paleobazalty jsou minerálně velmi bohaté, což ještě akcentují kalcitové impregnace, která umožňuje výskyt vápnomilných druhů, jako jsou pěchava vápnomilná (*Sesleria albicans*) anebo lomikámen vždyživý (*Saxifraga paniculata*). Paleobazalty se táhnou ve dvou nesouvislých pruzích od jihozápadu na severovýchod.

Křivoklátsko – rokycanské pásmo hornin ze svrchního kambria je tvořeno paleovulkanickými horninami velmi rozdílné minerální síly, od minerálně slabých křemenných porfyrů až po velmi silné porfyryty. Jejich vliv na vegetaci je ovšem výrazně modifikován členitým reliéfem, zejména expozicí, tvarem zemského povrchu a převládajícími větry. Toto pásmo začíná mimo území CHKO Křivoklátsko, vstupuje do něj na jihozápadě a táhne se kolem Skryjí a Roztok až ke Zbečnu (Obr. č. 4).

Starší paleozoické horniny se nachází pouze při jihovýchodní hraně území a ještě v okolí obce Kublov. Toto území je tvořeno jednak sedimentárními horninami – většinou se jedná o minerálně chudé pískovce, droby a břidlice, a jednak jsou zde k nalezení naopak minerálně bohaté vulkanické horniny – diabasy a jejich tufy (Valín 1991). Toto střídání hornin je patrné na ostrých hranicích chudých acidofilních společenstev a druhově bohatých společenstev náročných na živiny na kontaktu hornin odlišné trofie (Kolbek et al. 1997). Dokonce se lze setkat na diabasových mandlovcích s vápnomilnou okroticovou bučinou (*Cephalanthero – Fagetum*). Typickými rostlinami jsou buk lesní (*Fagus sylvatica*), okrotice bílá (*Cephalanthera damasonium*) nebo kruštík široolistý (*Epipactis helleborine*).

Karbonské horniny zasahují část území na severu (Obr. č. 4). Jedná se vesměs o minerálně chudé sedimentární horniny různé zrnitosti, jako jsou například arkózy, pískovce, prachovce a jílovce. Tyto horniny ovlivňují vegetaci spíše zrnitostí, zejména díky velké propustnosti pro vodu, než svým chemismem (Kolbek et al 1997).

Neogén je zastoupen v CHKO Křivoklátsko pouze u obce Městečko a pak již ostrůvkovitě, a jedná se o sedimenty, štěrky, písky a jíly.

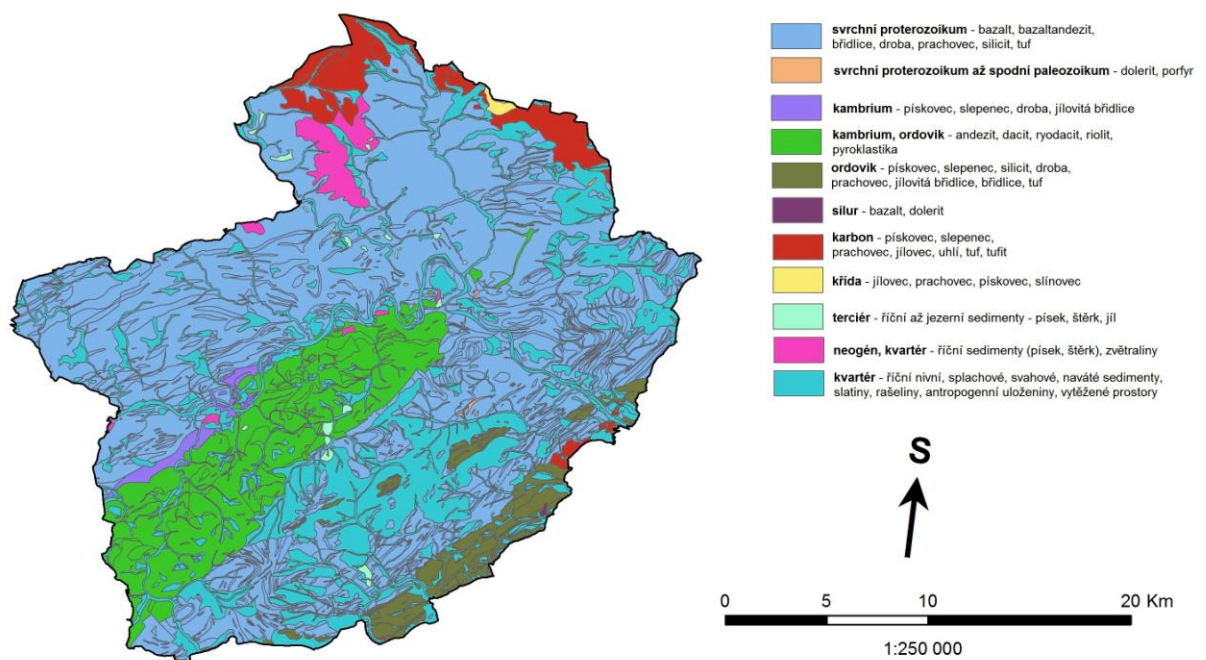
Co se týče kvartérních sedimentů, nachází se na území Křivoklátska štěrky a štěrkopísky říčních teras, náplavové hlíny v údolí Berounky, překryvy sprašových sedimentů, svahoviny a soliflukční hlíny (Valín 1991).

Říční terasy se nachází ve 3 výškových stupních a tyto terasy jsou pliocenního stáří (Balatka, Sládek 1962). Nápadné plošiny vytvářejí v nižších polohách (300-320 m n.m.) nad hlouběji zaříznutým údolím dnešní Berounky. Říční terasy jsou minerálně chudé, proto

podmiňují výskyt acidofilních doubrav (*Luzulo – Quercetum*) a vlhkých acidofilních doubrav (*Abieti – Quercetum*). Pokud jsou terasy překryty sprašovým materiálem, trofie daného stanoviště je výrazně zvýšená. K tomu dochází například na říční terase nad levým břehem řeky Berounky u ústí Vůznice (Kolbek et al. 1997).

Sprašové sedimenty se vyskytují velmi nepravidelně, ve větším množství kolem obce Podmokly v jihozápadní části Křivoklátska. Nikde také nevytvářejí mocnější vrstvy, ale jejich přítomnost vždy zvyšuje trofii minerálně chudých hornin. Z výše uvedených hornin vznikaly díky pleistocénnímu zvětrávání hlinité svahoviny, místy suť. Soliflukční hlíny se vyskytují pouze lokálně a vyznačují se zvlněným povrchem.

Údolní niva Berounky je poměrně úzká, tvořená náplavovými hlínami střední trofie, které jsou povětšinou z holocénu. Místy tyto náplavové hlíny zasahují také do údolních niv větších potoků, jako je Zbizožský potok, Rakovnický potok nebo Vůznice (Valín 1991).



Obr. č. 4: Geologické podloží CHKO Křivoklátsko

Zdroj: Česká Geologická Služba

2.3. Hydrografie

Hlavní charakter Křivoklátsku dodává řeka Berounka, která tvoří jeho pomyslnou osu. Protéká celým územím a vytváří množství meandrů a hluboce zařízlých údolí, a to nejen na svém toku, ale nutí i přítékající říčky a potoky tvořit také

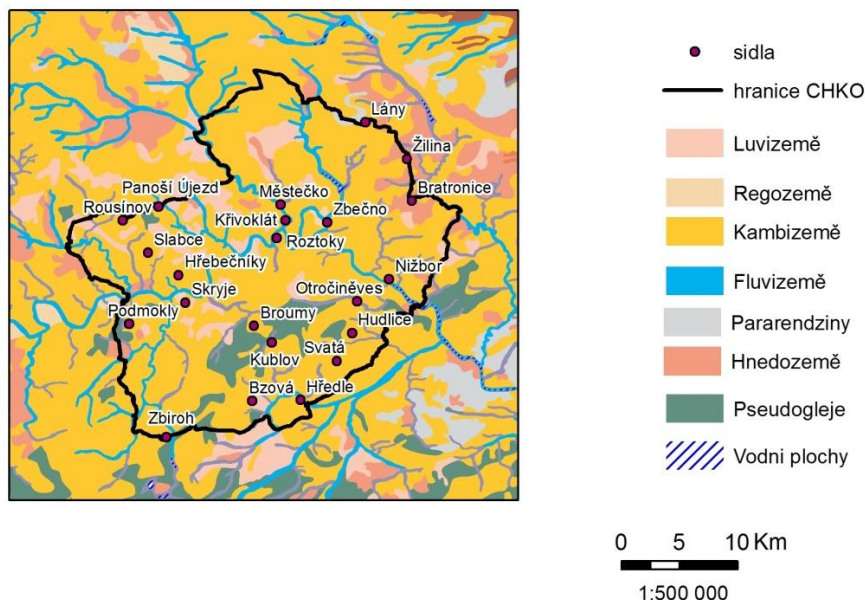
zařízlá údolí po obou stranách řeky. Díky této hluboké a rozsáhlé údolní síti je reliéf Křivoklátska velmi pestrý. Můžeme tu nalézt vedle sebe hluboká údolí s prudkými svahy a rozsáhlé denudační plošiny se svahy velmi pozvolnými (Friedl a Kárník 1986). Díky tomu se zde projevuje zejména říční a vrcholový ekofenomén, který výrazným způsobem ovlivňuje celkovou biodiverzitu Křivoklátska (Ložek 2011).

2.4. Klima

Křivoklátsko lze zařadit do mírně teplé a mírně suché klimatické oblasti M11, kterou Quitt (1971) charakterizuje jako mírně teplou oblast s lednovou průměrnou teplotou do -3°C a s ročním úhrnem srážek kolem 600 mm, jejichž větší část spadne v průběhu vegetačního období. Nicméně lokálně na úrovni mezoklimatu a zejména na úrovni mikroklimatu hluboce zařízlá údolí vykazují inverzní charakter, tedy že dna jsou vlhká a studená, kdežto horní okraje jsou teplé a suché. Díky tomu mikroklima blízkých stanovišť může být velmi odlišné (Kolbek et al. 1980).

2.5. Charakteristika půd

Díky klimatu a geologickým podmínkám se na Křivoklátsku nachází z velké části kambizemě (Tomášek 1995). Dalším významným půdním typem je pseudoglej nacházející se v centrální části oblasti jižně od řeky Berounky (Obr. č. 5). Sporadicky se pak na území Chráněné krajinné oblasti Křivoklátsko nachází luvizemě a pararendziny. Na říčních terasách Berounky jsou regozemě, v nivě Berounky a i kolem některých přítoků se nachází fluvizemě (Tomášek 1995).



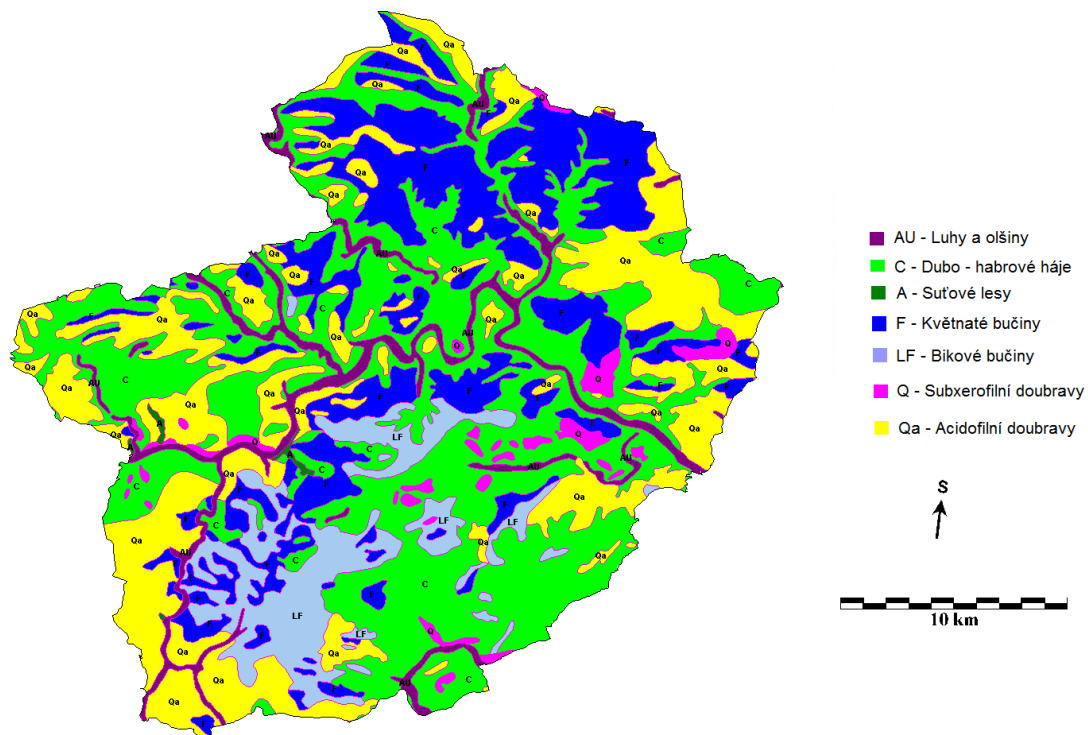
Obr. č. 5: Půdy v CHKO Křivoklátsko

Zdroj: INSPIRE, ArcČr

2.6. Rostlinstvo

Vegetace na Křivoklátsku je velmi pestrá a bohatá (Kolbek 1985). Vysoká diverzita rostlin, ale i živočichů, je důsledkem nejen velkého množství rozdílných ekologických podmínek, ale v hojně míře zachovaných přirozených a polopřirozených porostů s výrazně nenarušeným druhovým složením. Bohatost vegetace je mimo jiné dokládána skutečností, že na území Křivoklátska se nachází společenstva rostlin, která se jinde v České republice nevyskytují (Kolbek et al. 1997). Velkou část území, téměř 2/3 celkové rozlohy, zaujímají lesy. To je způsobeno velmi řídkým osídlením ve vzdálené i blízké minulosti, protože ve středověku patřila celá oblast králi a sloužila jako honební revír.

Dominantními společenstvy jsou v nižších polohách především dubohabřiny (Neuhauslová 1990). Ve vyšších polohách či na chladnějších severnějších expozicích jsou převažující společenstva bučin (Moravec 1990). Velmi specifické jsou na Křivoklátsku jedliny, které byly pravděpodobně v dřívějších dobách dominantní a dnes se nachází v několika málo lokalitách (Husová 1990). Velmi významné jsou lesy suťové, nacházející se na svazích okolo Berounky. Lužní lesy se díky přeměně nivy Berounky na louky či ornou půdu nedochovaly a tak jejich pozůstatkem jsou bažinné olšiny, které se nachází v okolí prameniště a v podmáčených polohách (Obr. č. 6).



Obr. č. 6: Geobotanická mapa CHKO Křivoklátsko

Zdroj: IDS

Na lesní vegetaci přirozeně navazují křovinná společenstva. Diverzita křovin je na Křivoklátsku velmi vysoká a některé typy těchto společenstev jsou chráněné, například společenstva s dřínem obecným (*Cornus mas*), jeřábem mukem (*Sorbus aria*) nebo s růží galskou (*Rosa gallica*) (Kolbek et al. 1997). Společenstva travin jsou také velmi bohatá, zejména jedná-li se o společenstva nacházející se při krajích teplomilných lesů. Luční vegetace je také velmi bohatá, nicméně na jejím složení se podepsal významně intenzifikační proces v zemědělství (Blažková 1990). Louky se většinou nachází v oblastech kolem řek a potoků, kde luční vegetace tvoří přirozené lemy podél těchto toků s několika vzácnými společenstvy, například společenstva vysokých ostřic (*Caricion gracilis*) či společenstva eutrofních vysokostébelnatých vlhkých až mokrých luk (*Calthion*). Vlhké a mokré louky podél toků se nachází na místech, kde původně rostl lužní les. Tyto louky bývají často přemokřené a podmáčené. Na některých místech ovšem luční vegetace tvoří přirozenou vegetaci. Ve vyšších polohách se pak nachází nepodmáčené louky s odlišným druhovým složením (Kolbek et al. 1997).

Díky převaze lesních porostů převládají na území CHKO Křivoklátsko lesní druhy, časté jsou také druhy luční a termofytické (Kolbek et al. 1997). Co se týče

pestrosti, respektive početnosti druhů cévnatých rostlin, průměrně se na ploše 1 km² nachází 276 druhů. Síť 1 km² byla použita pro vegetační mapování v CHKO Křivoklátsko (Kolbek et al. 1997). Maximální počet druhů na 1 km² dosahuje hodnoty 586 druhů a nachází se v údolí Berounky u Týřovické skály. Celkem se v CHKO Křivoklátsko nachází 1 543 druhů, z nichž nejrozšířenější jsou kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*), třezalka tečkovaná (*Hypericum perforatum*), řebříček obecný (*Achillea millefolium*), pryskyřník plazivý (*Ranunculus repens*) a rozrazil rezekvítek (*Veronica chamaedrys*). Velmi zajímavým faktem je, že více než třetina druhů, se nachází v deseti a méně čtvercích, dalo by se tedy říci, že se jedná o rostliny na Křivoklátsku velmi vzácné.

2.7. Paleogeografický vývoj

Na konci terciéru bylo Křivoklátsko zarovnaná parovina, nad níž čnely pouze hřbety odolnějších hornin. Na složitě zvrásněných horninách vznikl apalačský typ reliéfu. (Demek et al. 1965). Pro celou oblast je hlavním tokem Berounka a pro většinu také představuje základní erozní bázi. Již koncem terciéru měla Berounka víceméně stejný směr toku jako v dnešní době (Balatka, Sládek 1962). V průběhu kvartéru se velmi zařezávala, na dolním toku dnes zařiznutí dosahuje 100 metrů. Ještě koncem pliocénu a začátkem pleistocénu v severní části území docházelo ke změnám směru toků, když většina z nich tekla severozápadním směrem (Kettner 1923 in Demek et al. 1965). To se ovšem v průběhu pleistocénu změnilo a v současné době potoky ze severní části území tečou do Berounky. Stalo se tak patrně díky tektonickým pohybům začátkem pleistocénu (Demek et al. 1965). V průběhu pleistocénu došlo k výraznému zvýšení erozní činnosti řek, zejména Berounky, a to kvůli klimatickým změnám a doznívajícím tektonickým pohybům. Díky tomu byl povrch tvořící třetihorní parovinu postupně přetvořen a ve větší míře se zachoval na rozvodích ve výškách 400 – 450 m n. m. Toky směřující k Berounce se postupně zařezávaly do hlubokých údolí, široká otevřená údolí se nachází právě jen na zbytcích zmíněných třetihorních parovin. Velmi významným procesem v kvartéru bylo mrazové zvětrávání, které způsobilo zvýšenou tvorbu svahových sedimentů, čímž vznikly suťové kužele či proudy. Projevovaly se také soliflukční pohyby a to i na mírných svazích. V teplejších obdobích vznikaly při krasových pramenech uloženi travertinu, které se dále vyvíjely až do holocénu (Demek et al. 1965).

Z mladšího období kvartéru jsou významné menší závěje spraší vázané na kaňon Berounky a dolní toky jejích přítoků, zejména Zbirožského a Rakovnického potoka (Ložek 2011). Z těchto spraší, a také z několika menším ložisek pěnovců, lze velmi dobře podchytit vývoj ve svrchním pleistocénu a holocénu na Křivoklátsku. Ve spraších a pěnovcích se nachází schránky měkkýšů, ze kterých lze pomocí malakostratigrafie vytvořit profil vývoje přírodního prostředí v kvartéru. Bohužel v pozdním glaciálu se zde pěnovce netvořily, tudíž mezi malakofaunou spraší a nálezy z pěnovců není přímá souvislost (Ložek 2011). Podporou pro malakostratigrafii jsou také pylové rozborů ze slatinných oblastí ze severního okraje Křivoklátska. Toto prostředí se nicméně liší od prostředí středních částí Křivoklátska, navíc záznamy nejsou úplné, neboť důležité horizonty byly zničeny požáry, zejména v průběhu klimatického optima.

Z malakofauny spraší lze usoudit, že většími údolími zasahovala v posledním glaciálu do Křivoklátska sprašová step, ve výškách nad 350 m n. m. se tato step měnila do vlhkých travnatých porostů až kamenných holí (Ložek 2011).

Ve starším holocénu v severozápadní části Křivoklátska převažovala borovice se zastoupením smrku a olše, na ústupu byl jalovec a začínal nástup doubrav. V následujícím období – atlantiku, nejsou pylové záznamy, nezachovaly se v důsledku požárů (Ložek 2011). Subboreál je charakteristický dubovým lesem s lípou jilmem a jasanem, místy se nachází však také borovice a v zamokřených oblastech také smrk. Šíření buku a jedle se zde odehrává až v subatlantiku, což je v protikladu s jeho vysokým zastoupením ve střední a jižní části Křivoklátska. Z hlediska vývoje v této oblasti se výsledky pylových rozborů jeví jako málo reprezentativní (Ložek 2011).

V současnosti se na Křivoklátsku nachází přírodě blízké ekosystémy, které jsou i díky místním stanovištím považovány za relikty z klimatického optima (Ložek 1983). Významné pro poznání holocénu je také to, že zdejší oblast nebyla výrazněji ovlivněna člověkem, tudíž lze sledovat pochody a procesy v prostředí, kde nebylo významných zásahů člověka, jako tomu je jinde (Ložek 1983). Dobře se tedy dají odlišit přírodní pochody od antropogenních vlivů. Takovým příkladem může být stržová eroze, datující se k mladému holocénu a bývá uváděna v souvislosti s odlesňováním sběrné oblasti Klíčavy, která zapříčiňuje prudké přívaly. Doklady erozní činnosti jsou však vyvinuty i v nejzachovalejších oblastech Křivoklátska, které jsou souvisle zalesněné a z pohledu malakocenózy navazují na klimatické optimum (Ložek 2011).

Celkově lze říci, že se na Křivoklátsku zachovala řada stanovišť a jevů, které se v ostatních srovnatelných lokalitách nezachovaly v důsledku změn vyvolaných lidskými

zásahy ve starší i nedávné minulosti. To je velmi významné pro zkoumání vývoje přírody během holocénu, zejména díky ukázkám ekosystémů, které se na Křivoklátsku nacházejí a jejichž vývoj nebyl od začátku holocénu uměle přerušeno. Díky tomu lze stanovit, do jaké míry jsou současná stanoviště ochuzena nebo změněna antropogenními zásahy oproti původnímu přírodnímu stavu (Ložek 2011).

Při zkoumání vlivu substrátu a reliéfu na diverzitu rostlin je podstatné znát historický stav a změny v přírodním prostředí. Různé rekonstrukce vegetace z období holocénu vycházejí z předpokladu, že flóra v tomto období je flórou dnešní, chování rostlin bylo víceméně stejné jako dnes a že v Evropě docházelo spíše k posunům hranic vegetačních formací a společenstev než k zániku a vzniku nových (Moravec 1994). Díky znalosti historického vývoje krajiny a přírodního prostředí je možné určit také stav substrátu a reliéfu v minulosti a určit, jako měrou se podílejí tyto dva faktory na diverzitě rostlin nejen v současnosti, ale také jaký byl jejich vliv v minulosti. Zejména u substrátu se můžeme setkat s tzv. zpětnou vazbou, respektive že substrát ovlivňuje vegetaci, ale také vegetace ovlivňuje substrát (Sýkora 1959).

3. Vliv substrátu a reliéfu na rozšíření rostlin

V následující části popíšu nejprve vliv reliéfu na rozšíření rostlin a následně vliv substrátu. Ve třetí části tohoto bloku se budu věnovat specifickým projevům vlivu substrátu anebo reliéfu, které se označují jako ekofenomény.

3.1. Vliv reliéfu na rozšíření rostlin

Reliéf zemského povrchu tvoří základní podmínky pro uspořádání ekosystému na Zemi, předurčuje základní typy ekosystémů a rozmístění rostlinných společenstev. Reliéf je produktem společného působení endogenních a exogenních sil. Ovlivňuje jej z dlouhodobého hlediska působení rostlinstva na substrát a okolní klima (Jeník 1970). Reliéf je nutné dělit podle rozměrů, respektive dělit ho z hlediska měřítka na makoreliéf, mezoreliéf a mikrorelief (Jeník 1970).

3.1.1. Makoreliéf

Makoreliéf zahrnuje velké zeměpisné oblasti v řádech jednotek až stovek km v délce, jedná se například o pohoří, náhorní plošinu, pahorkatinu aj. Vliv na vegetaci z pohledu makoreliéfu se dá uvést na příkladu polohy horských systémů a údolí v geografickém prostoru. Tato poloha působí na atmosférickou cirkulaci – zejména směr, rychlost větru a množství srážek, a skrze makroklima ovlivňuje celkový ráz vegetace a zastoupení určitých formací. V rovinatém terénu a půdou střední propustnosti a střední minerální síly odpovídá příslušnému makroklimatu zonální či klimaxová vegetace (Jeník 1970).

3.1.2. Mezoreliéf

Mezoreliéf je oblast zahrnující tvar svahu, zahloubené údolí či sedlo. Rozměry mezoreliéfu jsou v řádech stovek metrů až kilometru. V obecném rámci makoreliéfu mezoreliéf vytváří specifické krajinné prvky. Jedná se o svahy s různou sklonitostí a orientací, tvar a hloubku údolí, rozdílné vrcholy hřebenů a podobně. Vlivem těchto prvků mezoreliéfu se může uprostřed zonální (klimaxové) vegetace vytvořit vegetace

azonální (neklimaxová)(Jeník 1970). V určité geografické oblasti je proměnlivost rostlinstva půd podle mezoreliéfu ustálená. Na příčném profilu (transektu) od vrcholu kopce či hřebenu po dno údolí se půdy a rostlinná společenstva pravidelně střídají a mají velmi odlišné vlastnosti. Tento sled organokomplexů (živá + neživá složka), se nazývá katénou a skládá se ze tří ekologicky a cenologicky odlišných ekosystémů, které se označují jako komplexy (Demek et al. 1976).

První, eluviální komplex se nachází na vrchních partiích svahu, skládá se zpravidla ze společenstev s dokonale vyvinutou patrovitostí, v humidních oblastech tato společenstva také udržují eluvium na místě. Pestrost vegetace je závislá převážně na živnosti substrátu. Pokud konvexní část svahu na transektu není, není zde ani tento komplex (Demek et al. 1976).

Druhým komplexem je komplex koluviální. Nachází se v příkrých prostředních částech svahu, kde místy na povrch vystupuje skalní podloží. Koluvium je materiál, který se neuspořádaně nakupil na příkrých svazích nebo při jeho úpatí vlivem gravitačních pochodů (Demek et al. 1976). Společenstva rostlin na těchto svazích patří zpravidla k několika vegetačním stupňům, v kaňonovitých údolích je pak častá organická inverze. Společenstva zde velmi citlivě reagují na kvalitu substrátu, ve vývoji svahů působí vegetace jako zpomalovací faktor eroze, ale i jako její iniciátor, například lišejníky a mechy. Nejbohatší společenstva se nachází na humózních, vápencových, dolomitických nebo sopečných podkladech (Demek et al. 1976).

Třetím a posledním komplexem je komplex iluviální. Iluvium je materiál, který byl nahromaděn vymýváním částic z hořejších partií svahu v partii spodní. Tento komplex se tedy nachází ve spodních konkávních částech svahu. Má některé prvky koluviálního komplexu, avšak jiné druhové složení závislé na vegetačním stupni. Často bývá podloží velmi bohaté na podzemní vodu, která komunikuje s podzemním tokem, tudíž jsou zde taxony náročnější na vyšší obsah vody v půdě (Demek et al. 1976).

Ve středních a vyšších zeměpisných šířkách má velký vliv na katény orientace svahu ke světovým stranám. Ve střední Evropě jsou charakteristické rozdíly mezi katénami na severních a jižních svazích, díky kterým se střídá například druh listnatých lesů (Jeník 1970). Zelený (2008) popsal právě tento vliv na hlubokých zařízlých údolích Českého masivu. Nichols (1998) uvádí, že vliv sklonitosti a expozice svahu má sice význam na druhovou pestrost stromů, nicméně u bylin a dalších druhů rostlin tyto dva jevy nemají výrazný vliv. Dalším vlivným činitelem na katény a tedy i na diverzitu rostlin má matečná hornina, která ve výsledku ovlivňuje konečné vlastnosti katén (Jeník 1970).

3.1.3. Mikrorelief

Mikrorelief je oblast blíže omezeného místa v řádech jednotek až desítek metrů, jedná se například o rokle, zvlněný terén či kopečky. Mikrorelief ovlivňuje vegetaci zejména tím, že ruší stejnorodost i plynulé gradienty prostředí a porostů a díky tomu způsobuje větší diverzitu vegetačních jednotek na malé ploše (Jeník 1970).

3.2. Vliv substrátu na rozšíření rostlin

Substrátem lze obecně nazývat prostředí, ze kterého rostlina vyrůstá a ve kterém je zakořeněna. Může se jednat o holou rozpukanou skálu, navátý písek, organické rašelinné vrstvy, kamenitou suť, stromovou kůru, dno vodní nádrže či řeky nebo dlouhodobě se vyvíjející půdu (Kovář 2002). V užším smyslu se rozumí substrátem dlouhodobě vyvíjející se půda, která je systémem sypkých zemin, kapalin a plynů (Jeník 1970). Geneze půdy začíná zvětráváním matečné horniny, dále je pro vznik půdy důležitý transport materiálu – sedimentace a denudace, a v neposlední řadě biologické procesy, zejména rozklad odumřelé organické hmoty (Kovář 2002).

Na tvorbě půdy se podílí reliéf sklonem stanoviště a jeho orientací ke světovým stranám a také nadmořskou výškou. Na svazích je pro půdy rozhodující expozice. Na návětrných svazích se tvoří mělké půdy vlivem deflace a vodní eroze. Matečná hornina v těchto místech může vystupovat až na povrch v podobě skal (Slavíková 1986). Naopak na závětrných svazích jsou půdy hluboké a obohacované ukládáním detritu a dalších částeczek půdy unášených větrem. V našich zeměpisných šířkách v nížinách a pahorkatinách bývají půdy na severních svazích hlubší než na jižních. Na náhorních plošinách a rovinách bývají půdy obecně hluboké, neboť pedogenetické procesy nejsou porušovány větrnou ani vodní erozí. V údolních nivách jsou půdy také hlubší, což je způsobeno sedimentací materiálu při povodňových událostech (Slavíková 1986).

Primární vliv půdy na rostliny vychází z charakteru matečné horniny. Pro diverzitu rostlin má vliv primárně obsah oxidu křemičitého (SiO_2), oxidu vápenatého (CaO) a oxidu hořečnatého (MgO). Podle obsahu těchto látek můžeme horniny rozdělit na silikátové horniny, které jsou kyselé, často se jedná o vyvěliny, případně přeměněné horniny a horniny vzniklé z usazenin, například pískovce. Dále se jedná o horniny neutrální a jako třetí jsou zde horniny bazické, které mají zvýšený obsah oxidu

vápenatého či oxidu hořečnatého a jsou to vápence, dolomity, čediče, opuky a slínovce (Kovář 2002).

Na stabilních plochách, kde jsou půdy zpravidla hlubší, se vliv matečné horniny nemusí svým chemickým složením vůbec projevit. Rostliny jsou tedy v těchto místech málo závislé na minerální skladbě substrátu. Naproti tomu na mělkých půdách se výrazně projevuje vliv matečné horniny. Rostou zde tedy rostliny, jejichž ekologické nároky odpovídají chemickým vlastnostem matečné horniny (Slavíková 1986).

Většina rostlin je citlivá na koncentraci vodíkových iontů v půdě (Slavíková 1986). Půdní reakce je určována nejen matečnou horninou, ale i dalšími fyzikálními, chemickými a mikrobiologickými procesy v půdě. Ovšem vztah mezi diverzitou rostlin a koncentrací vodíkových iontů (pH) v půdě není zatím zcela jasný (Pärtel et al. 2004). Z globálního studie Pärtela (2002) vyplývá, že závislost mezi diverzitou rostlin a pH půdy závisí na půdním typu v regionálním evolučním centru. Pokud se regionální evoluční centrum nachází na půdách s nízkým pH (blíže k rovníku), závislost je spíše negativní, tedy diverzita rostlin nezávisí na pH. Pokud se ovšem lokální evoluční centrum nachází na půdách s vyšší hodnotou pH (ve vyšších zeměpisných šířkách), závislost mezi obsahem pH v půdě a diverzitou vegetace je pozitivní. Lokálně pozorované vztahy mezi pH půdy a diverzitou rostlin jsou určovány velikostí regionálních center na půdách s nízkým a vysokým pH (Pärtel et al. 2004).

Mimo tento faktor má ještě na diverzitu rostlin z hlediska substrátu, potažmo půdy, vliv humus, respektive jeho množství, obsah vody v půdě, množstvím světla dopadajícím na půdu, obsah těžkých kovů v půdě a v neposlední řadě interakce půdy a vegetace, kdy vegetace může také ovlivnit vlastnosti půdy (Kovář 2002).

I další chemické prvky mají vliv na výskyt určitých druhů. Když známe ekologické požadavky rostlin na půdní vlastnosti, především amplitudu tolerance základních chemických prvků v substrátu, lze rostliny použít jako indikátory chemického složení půdy podle přítomnosti či nepřítomnosti dané rostliny. Na velmi mělkých půdách, např. suti, je chemické složení půdy stejné jako chemické složení matečné horniny, proto lze některé rostliny použít jako fytoindikátory chemického složení matečné horniny (Slavíková 1986).

Na různých typech substrátu se vytváří pro ně typická společenstva, která jinde nenalezneme. Pro vápencový substrát je typický například lomikámen latnatý (*Saxifraga paniculata*), hořec křížatý (*Gentiana cruciata*) či dub šipák (*Quercus pubescens*). Mezi typické indikátory silikátových hornin patří zvonek okrouhlostý

(*Campanula rotundifolia*), šťovík menší (*Rumex acetosella*) či dub letní (*Quercus robur*)
(Sýkora 1959, Slavíková 1986).

4. Specifické abiotické podmínky a jejich vliv na diverzitu rostlin

V chráněné krajinné oblasti Křivoklátsko je vysoká míra biodiverzity podmíněna společným výskytem specifických abiotických podmínek. Charakteristický soubor stanovišť a procesů s typickou faunou a flórou podmíněný geologickými a hydrologickými poměry, klimatem a reliéfem je v přírodovědné literatuře označován pojmem ekofenomén (Kučera, 1997). V CHKO křivoklátsko nalezneme hned několik takovýchto ekofenoménů. Těmito ekofenomény jsou říční ekofenomén, vrcholový ekofenomén a údolní ekofenomén. Poprvé byl termín fenomén ve spojení s vyjádřením určitých vlastností a jevů pro konkrétní místo použit v roce 1918 Scharfettrem (Jeník 1970). Jelikož tento termín přesně vystihuje strukturní i funkční ekologická hlediska, byl v obecném významu zaveden do české oborové terminologie Jeníkem v roce 1964.

Mimo ekofenoménů přítomných na Křivoklátsku Jeník (1994 in Kučera 1997) rozeznává ještě několik dalších ekofenoménů vázaných na reliéf nebo specifický půdotvorný substrát.

4.1. Ekofenomény vázané na reliéf

Tato skupina ekofenoménů se projevuje zejména díky majoritnímu vlivu reliéfu na lokální podmínky.

4.1.1. Vrcholový ekofenomén

Vrcholový fenomén odlišuje vegetaci vrcholů kopců od okolního prostředí neohledě na klima dané oblasti. Působení vrcholového fenoménu je v komplexním vlivu několika abiotických faktorů. Vrcholový fenomén se projevuje několika způsoby: 1) klimaticky - větrem, teplotou, osluněním, námrazou a srážkami; 2) edaficky – acidifikací půd, jejich degradací, skeletovitostí a vlhkostí; 3) vegetačně – tvarem rostlin, výskytem fytoindikátorů, hranicí lesa, celkovou vegetační mozaikou (Sofron 1985). Projevy vrcholového fenoménu jsou ve zvýraznění či omezení jednoho či více abiotických faktorů, jejichž výsledkem je vegetace nucena se přizpůsobit nepříznivým podmínkám. Vliv vrcholového fenoménu není pouze na vegetaci, ale také například při mrazovém zvětrávání v průběhu morfogeneze reliéfu vznikají periglaciální skalní tvary, jako jsou mrazové sruby, tory a další (Demek et al. 1976). Jelikož extrémní podmínky jsou

v různých výškových stupních, rozlišují se mimo horského vrcholového fenoménu ještě mezohumidní a xeroacidní vrcholový fenomén (Kučera 1997).

Extrémní faktory podmiňující horský vrcholový ekofenomén v alpinském stupni jsou kryogenní jevy, zejména regelace, deflace a gelivace. Fyzikální zvětrávání zde převažuje nad chemickým, vítr tvoří návětrné a závětrné prostory, které jsou velmi kontrastní. Následkem toho jsou pak specifické adaptace horských druhů, například vlnkové formy a poškození dřevin (Kadlus 1967). Vegetaci alpského stupně a její ovlivnění ekologickými fenomény – vrcholovým a anemo – orografickým se věnoval zejména Jeník (1961, Jeník, Slavíková 1964) ve svých pracích.

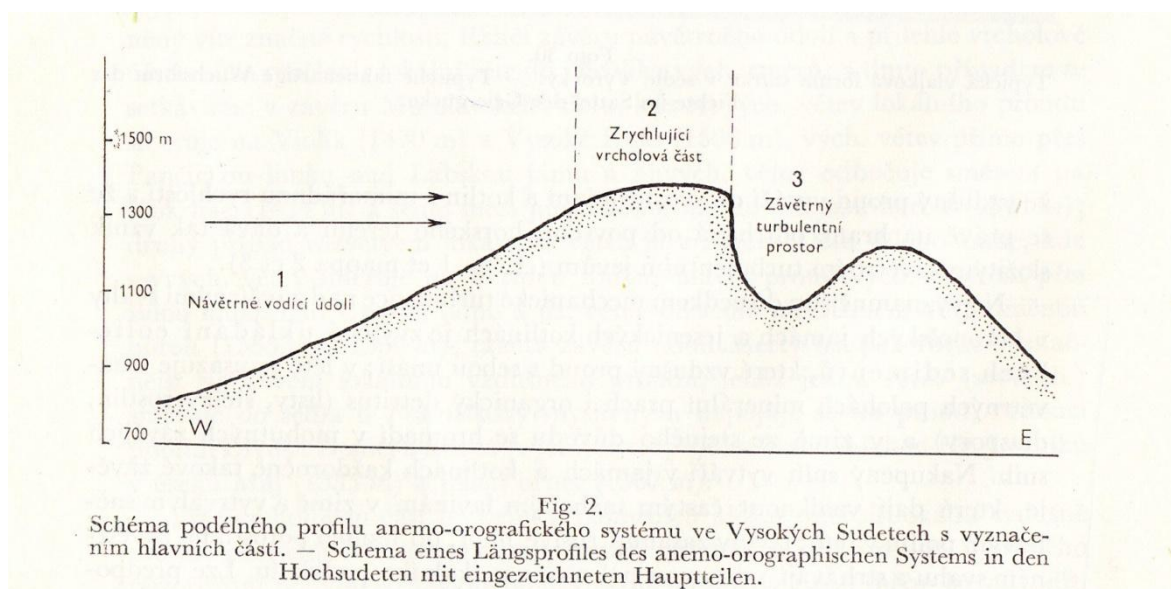
V submontánních a montánních polohách se horský vrcholový fenomén vyskytuje v mírnější formě. V těchto polohách je množství periglaciálních tvarů, zejména jde o mrazové sruby, kryoplanační terasy a suťová pole (Demek et al. 1976). Vegetace je na těchto tvarech a v těchto polohách zejména lesní, mimo skal a otevřených sutí. Takovýto typ vrcholového fenoménu je popsán na hoře Můstek na Šumavě, pro který jsou charakteristické půdy, které jsou illimerizované až podzolované. Minimum sněhu se zde nachází na hřebeni, největší akumulace jsou na závětrné straně, časté je poškození a pokřivení stromů námrazou (Sofron 1985 in Kučera 1997).

Mezohumidní vrcholový fenomén se nachází ve středních polohách na minerálně silných horninách, kde dochází k zvýšené kondenzaci vzdušné vlhkosti a akumulaci materiálu v závětrí, dále pak dochází k tvorbě humusového horizontu pod zapojeným travinobylinným nebo lesním porostem (Kučera 1997). Podmínky jsou celkově oceaničtější, tento typ je typický pro teplejší oblasti, například České Středohoří (Kučera 1997).

Xeroacidní vrcholový fenomén se projevuje v kolinním až suprakolinním stupni, hlavně v oblastech s minerálně slabšími horninami. Na vrcholech dochází k vyplavování živin, degradaci a skeletizaci půdy. Stromové pásmo je nahrazováno na vrcholcích acidofilní travinobylinnou vegetací. Mikroklima je kontinentálnějšího charakteru (Kučera 1997). Typickou oblastí s tímto vrcholovým ekofenoménem je jižní část Křivoklátska, která se nachází na kambrických vyvělinách. Řada takovýchto vrcholů byla osídlena v minulosti člověkem (keltská hradiště, hrady), je tedy potřeba uvažovat o druhotné vegetaci či ovlivnění půdních poměrů lidskými zásahy (Kubíková 1997). Na druhou stranu odlesnění přineslo obohacení o nové druhy, pro které zejména zdi středověkých hradů suplují skalní výchozy a sutě (Kučera 1997).

4.1.2. Anemo – orografické systémy

Anemo - orografické systémy jsou těsně spjaté s vrcholovým fenoménem. Tento soubor přírodních jevů je vytvářen díky výrazným údolím, ve kterých dochází ke stálému proudění větru. Veškeré anemo – orografické systémy mají tři hlavní části: 1) vodící návětrné údolí, 2) zrychlující vrcholovou část a 3) turbulentní závětrný prostor. (Obr. č. 7)



Obr. č. 7: Schéma podélného profilu anemo – orografického systému

Zdroj: Jeník 1961

Díky těmto třem částem je klima v dané oblasti specifické a i půda je tímto ovlivněná (Jeník 1961). Velice důležité je zde větrné proudění. Pokud je větrné proudění slabé či žádné, hlavní slovo v tvorbě mikroklimatu má expozice a tvar reliéfu, krajinný pokryv a nadmořská výška. Při vzrůstající síle větru se všechny tři části anemo – orografického systému chovají jinak. Ve vodících návětrných údolích se již nenachází mikroklimatické rozdíly teplot a často se zde nenachází ani noční teplotní inverze, právě díky vzdušnému proudění. Ve vyšších částech vodících návětrných údolích se často zvyšují srážky, neboť stoupající vzduch se ochlazuje a vodní pára v něm obsažená kondenzuje (Jeník 1961). Na vrcholových partiích vždy vane alespoň slabý vítr, meteorologické charakteristiky mezi dnem a nocí se liší jen málo. Lze tedy říci, že

v návětrných údolích a ve vrcholových částech je klima v čase i prostoru z hlediska meteorologických prvků jednotvárnější a má rysy klimatu oceánického. Naopak v závětrných turbulentních prostorech dochází k výraznějšímu kolísání denních a nočních teplot a je zde také větší diverzita mikroklimatu a v důsledku i vegetace. Průměrná teplota je zde poněkud vyšší nežli průměrná teplota svahů s odpovídající nadmořskou výškou. Díky tomu je v těchto prostorech klima spíše subkontinentální (Jeník 1961). Vliv na půdní podmínky je patrný ve vrcholové a v závětrné části anemo – orografického systému. Zatímco půda je ve vrcholových partiích trvale ochuzována větrnou erozí, v závětrných prostorech dochází k ukládání eolických sedimentů a tedy k jejímu obohacování (Jeník 1961). Specifický vliv větru je zde patrný také na vegetaci, kdy se zde rostlinstvo šíří převážně anemochoricky. Mechanický vliv větru je pak patrný zejména ve vrcholových partiích anemo – orografického systému, kdy se zde tvoří vlajkové formy dřevin.

4.1.3. Říční a údolní fenomén

Hluboce zaříznutá říční údolí, která jsou od okolní pahorkatiny oddělena ostrou hranou, se v české ekologické literatuře vžil pojem „říční fenomén“ (Jeník & Slavíková 1964, Zelený 2008). Co se týče údolního fenoménu, Kučera (1997), toto označení sice akceptuje, nicméně pouze pro údolí menších toků, zpravidla nepřesahující region. Říká tedy, že údolní a říční fenomén je v podstatě jedno a to samé, rozdíly lze hledat pouze z hlediska měřítka. Proto v následujícím textu pokud budu mluvit o říčním fenoménu, budu mít na mysli obecně oba dva tyto fenomény.

Říční fenomén v sobě obsahuje několik prvků a podmínek, které mezi sebou navzájem interagují a dohromady vytváří specifická prostředí, ve kterých se nachází rozmanitá společenstva rostlin (Ložek 1988):

- V hluboce zaříznutých údolích často vystupuje na povrch matečná hornina, jejíž chemické a fyzikální vlastnosti zde vyniknou. Tyto vlastnosti ovlivňují pedogenezi a tvar reliéfu. Mimo tato údolí je matečná hornina často překryta zvětralinami, takže nemá přímý vliv na vegetaci na povrchu (Zelený 2008).

- Dalším důležitým faktorem je samotné koryto řeky. Různě zaklesnuté meandry mají za následek časté střídání orientace svahů a v návaznosti na to jsou zde četné klimatické rozdíly mezi severní a jižní orientací svahů kvůli jejich různé insolaci (Zelený 2008).

- Nesmíme opomíjet ani meteorologické a klimatické jevy. Mnohdy je v hlubokých údolích přítomna teplotní inverze, způsobena charakteristickým tvarem údolí do písmene „V“, které zásadně ovlivňuje vzdušné proudění. Vzdušné proudění, teplotní inverze a také různá orientace svahů způsobují, že se v krajině tvoří výrazné extrémy teplot, které ovlivňují složení a diverzitu vegetace (Slavíková 1986). Denní chod teplot a vzdušné vlhkosti jsou dva nejsilnější faktory ovlivňující sílu říčního fenoménu (Kučera 1997). Maximální výkyvy teplot se nachází na jižních svazích v jejich horních částech, nejmenší jsou pak na dně údolí (Jeník 1970).

- Údolí často fungují jako migrační cesta pro různé druhy živočichů a rostlin. Umožňuje migraci mezi teplými oblastmi v nižších polohách nadmořské výšky a studenějších částech krajiny ve vyšších polohách. Zjednodušeně řečeno, umožňuje migraci mezi dvěma odlišnými prostředím, které spojuje. Některá údolí také plní funkci refugií pro reliktní druhy, které jsou vázány na specifické typy reliéfu (Kučera 1997).

- Díky špatné přístupnosti strmých svahů v údolích si tato údolí zachovala často poměrně neovlivněnou vegetaci lidskými zásahy. Kvůli pestrému reliéfu a vegetaci jsou tato místa nejbohatší u nás, co se týče vegetace a lze říci, že tyto části krajiny jsou velmi malebné.

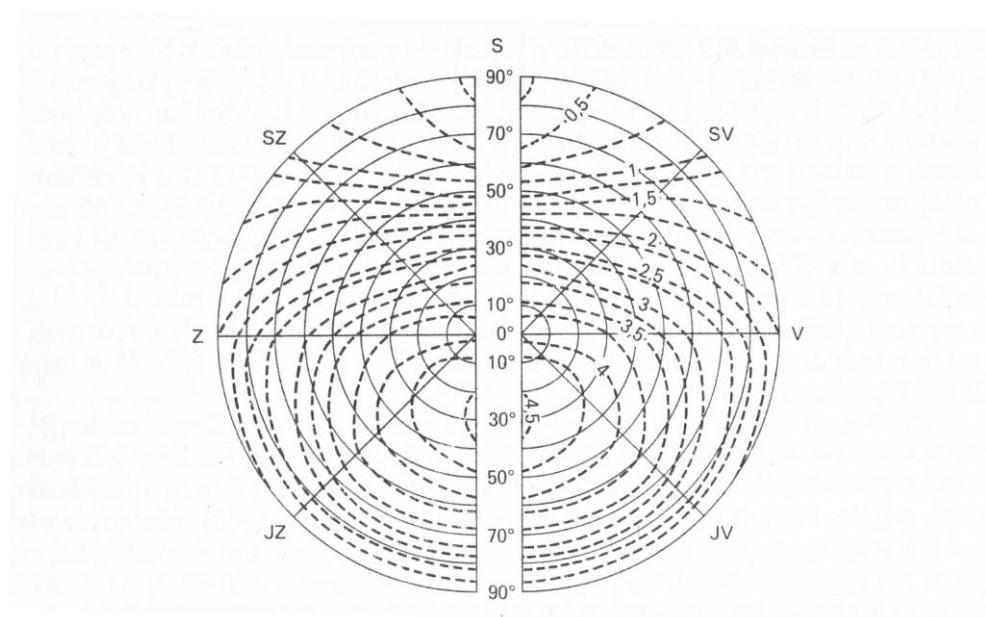
V České republice se nachází mnoho lokalit, kde působí říční fenomén. Jako nejvýznamnější se uvádí říční fenomén na řece Berounce na Křivoklátsku, šíří se od Plzně až téměř po Zbraslav. Dále je tento fenomén vyvinut na Vltavě od Rožmberka po Kralupy, nicméně zde je na mnoha místech výrazně ovlivněn působením přehrad. Výrazný je říční fenomén v NP Podyjí i výše na řece Dyji. Méně vyvinut je na střední Sázavě, Lužnici a dalších menších tocích v Čechách i na Moravě (Ložek 2005).

4.1.4. Expoziční fenomén

Sklon povrchu a jeho orientace vůči světovým stranám dohromady tvoří část povrchu, která se při své interakci s dopadajícím zářením podílí na fenoménu zvaném expoziční. Toto působení ovlivňuje mikroklima dané oblasti a způsobuje rozdíly v druhovém složení vegetace.

Tento fenomén ovlivňuje zejména teplotu povrchu a půdy. Na severní polokouli bývají nejstudenější severní příkré svahy, naopak nejteplejší bývají svahy orientované na jih, které mohou přijmout až 6x více radiačního záření než svahy severní (Auslander et al. 2003). Podle Jeníka (1970), jsou v našich zeměpisných šířkách svahy

orientované na jih, jihovýchod a jihozápad se sklonem 20° - 30° energeticky nejbohatší (Obr. č. 8), a na těchto místech se nachází ostrůvky teplomilné stepní a lesostepní vegetace. I když celá oblast se nachází ve stejné makroklimatické oblasti, na lokální úrovni, v řádu vzdálenosti stovek metrů, se může veškerá fauna a flora zásadně lišit. V průběhu roku se nejchladnější místa nemění, jsou to svahy orientované severně. Ovšem orientace nejteplejších svahů se v průběhu roku mírně mění, respektive pohybuje se mezi jihovýchodní a jihozápadní orientací. Obecně lze ale říci, že ve střední Evropě svahy orientované jihozápadně jsou nejteplejší (Geiger 1957, Jeník 1970).



Obr. č. 8: Potenciální přímé sluneční záření

Popis: Rozložení izochar sumy potenciálního přímého slunečního záření na zemi pro 50° severní zeměpisné šířky za vegetační období (tj. 6 měsíců) při různé orientaci ke světovým stranám – označeny na obvodu kruhu. Přerušované čáry jsou izočáry stejných sum potenciálního přímého slunečního záření (v hodnotách $10^6 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-2}$ za 6 měsíců, kruhy plnou čarou spojují místa se stejným úhlem sklonu, který je vyznačen na svislé stupnici uprostřed. (podle Jeníka a Rejmánka 1969 in Slavíková 1986).

Expozice ovlivňuje také vlhkostní poměry. Svahy, které jsou orientovány jako nárazové pro převládající směr větru, jsou sušší (Jeník 1970). Orientace a zejména pak sklon svahu také ovlivňují tvorbu půd a vegetaci. V rovnějších polohách mineralogické zvláštnosti jsou skryty pod vrstvou zvětraliny. Naopak na strmých svazích je větší eroze, tudíž se může na povrchu nacházet specifický substrát a proto bývá ostřejší přechod mezi typy vegetace a celkově větší diverzita (Jeník 1970).

4.1.5. Efekt hmotnosti pohoří

Tento efekt byl poprvé identifikován počátkem 20. století, kdy si A. de Quervain všiml, že různé hranice závislé na teplotě, sněžná čára či horní hranice lesa, mají tendenci se vyskytovat ve vyšších nadmořských výškách v centrálních Alpách než na jejich okraji (Barry 2008). Tento jev byl pozorován také u vegetace, kdy v centrálních částech velkých pohoří se určité vegetační typy nacházejí ve vyšších nadmořských výškách než v menších pohořích či soliterních horách a kopcích či dokonce ostrovech (Fang et al. 2001). Vliv hmotnosti pohoří je nejvíce závislý na výšce hor, na převýšení, celkové plošné velikosti pohoří, vzdálenosti k dalšímu velkému pohoří a na struktuře krajiny v okolí pohoří (Fang et al. 2001). Vliv těchto faktorů dohromady tvoří společně s dalšími celkový efekt hmotnosti pohoří. Flenley (2007) upozornil, že celkový vliv hmotnosti pohoří lze vysvětlovat pouze kombinací těchto dílčích faktorů. Jeden každý faktor může hrát hlavní roli v jednom pohoří, ovšem v jiném pohoří mohou být dominantní jiné faktory, a tak pokud bychom sledovali jednotlivé faktory zvlášť, mohli bychom zjistit jiný výsledek než jejich kombinací. Jeník (1970) uvedl příklad vlivu hmotnosti pohoří na průběh hranice lesa ve třech pohořích. V Krkonoších probíhá hranice lesa v průměrné nadmořské výšce 1 210 m, ve Velké Fatře je tato hranice již v 1 360 m a ve Vysokých Tatrách probíhá průměrná hranice lesa ve výšce 1 650 m n. m.

4.2. Ekofenomény spojené se specifickým půdotvorným substrátem

Tyto ekofenomény nelze jednoznačně vyznačit na základě reliéfu, je potřeba znát geologické a pedologické složení krajiny, abychom mohli určit, zda se zde daný jev nachází.

4.2.1. Pískovcový fenomén

Tento ekofenomén je občas také označován jako fenomén pískovcových skalních měst. Je definován jako soubor živých a neživých složek krajiny vázaných na specifický typ reliéfu, v tomto případě na skalní města (Cílek et al. 1996). Vegetačně se projevuje výskytem vyhraněných společenstev, která by spolu za normálních okolností prostorově nesouvisela (Kučera 1997).

Pískovce se nachází na většině povrchu Země a jsou různě staré a mají rozdílnou stavbu. Každý skalní výchoz, plošina či hluboké údolí představují specifické geomorfologické vlastnosti. Specifické odlišnosti nalezneme v mocnosti půdy, mikroklimatu, vegetaci a v hydrologických podmínkách (Härtel 2007).

Pískovce jsou dobře rozpadavé a propustné pro vodu a tudíž vytvářejí množství skalních útvarů, jako jsou například skalní města, sloupy a věže či soutěsky. Dále tvoří také množství tvarů připomínajících krasové jevy, jako jsou škrapy, závrtky nebo jeskyně (Balatka, Sládek 1980). Společně tyto tvary výrazně odlišují reliéf pískovcových skalních měst od okolní krajiny (Kučera 1997).

Pískovcový fenomén se projevuje zejména tím, že na chudém a jednotvárném substrátu nacházíme výrazně pestrou mozaiku stanovištních podmínek, které přispívají k celkové diverzitě vegetace (Kučera 1997). Reliéf je výrazně rozčleněn horizontálně i vertikálně, takže na sebe váže různé klimatické a půdní podmínky. Je možné nalézt rovné plošiny i hluboké strže (Härtel 2007). Z klimatického hlediska jsou charakteristické výrazné změny v teplotě, vlhkosti, větru a insolaci, které jednotlivá místa ovlivňují. Jelikož jsou pískovce velmi propustné pro vodu, bývají tyto oblasti sušší než by odpovídalo jejich klimatickému zařazení a voda se zde stává výraznějším limitním faktorem (Härtel 2007).

V hlubokých údolích se často nachází teplotní inverze, což má za důsledek výskyt bučin, smrčín a montánních druhů mechů i v nízkých nadmořských výškách kolem 300 m. Na skalních výchozech lze pak nalézt reliktní teplomilnou vegetaci a na svazích pokrytých spraší a sprašovými hlínami se nachází mezotrofní až eutrofní druhy lesů (Kučera 1997). V historické době byly pískovcové plošiny odlesněny a hospodářsky využívány, stejně jako nívné oblasti, pokud se v krajině pískovcového reliéfu nachází. Toto hospodářské využívání vedlo částečně k obohacování velmi chudé půdy živinami, takže se zde mohly rozšířit některé nitrofilní druhy (Kučera 1997).

4.2.2. Krasový fenomén

Krasový fenomén je vázán na horniny, ve kterých probíhá proces rozpouštění kalcitu (CaCO_3). Vápencové oblasti jsou v České republice rozšířeny pouze v oblasti mezofytika a termofytika, na rozdíl od Karpat, kde nalezneme ještě kras horský (Kučera 1997). Pestrost reliéfu v krasových oblastech je způsobena specifickým zvětráváním krasu a také historickým využíváním vápenců jako suroviny (Příbyl et al.

1992). Typické krasové útvary jsou závrtý, škrapy, jeskyně, propasti, ponory, vyvěračky, podzemní toky a krasové planiny (Demek et al. 1976). Údolí jsou kaňonovitá, nachází se v nich četné skalní výchozy a strmé srázy s velkým převýšením. Díky hlubokým kaňonovitým údolím se také typicky projevuje teplotní inverze. Tyto podmínky výrazně podmiňují vývoj vápencových půd a výskyt dealpinských a demontánních druhů (Skalický 1990 in Kučera 1997).

Na krasových tvarech se často zachovává reliktní skalní vegetace, a v oblasti vyvěrajících pramenů, které sráží CaCO_3 , dochází ke vzniku pěnovců, na které se váží specifické druhy mechorostů (Rivola 1982 in Kučera 1997).

Výraznou charakteristikou krasových oblastí je výskyt různých stanovišť na malé ploše, což zapříčiňuje vysokou diverzitu prostředí a vegetace. V hlubokých údolích je klasické rozložení vegetace, při dně se nachází druhy horského prostředí, naopak na horních hranách se často vyskytují teplomilné druhy. Složení vegetace je ovšem velmi ovlivněno chemismem půdy, a sice vysokým obsahem vápníku. Proto se v krasových oblastech nachází převážně vápnomilné druhy (Příbyl et al. 1992).

V oblastech, kde převažuje dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) a jsou zde dolomitické vápence, se nachází dolomitový fenomén. O dolomitu lze hovořit v případě, kdy je dolomit v hornině více zastoupen než kalcit (Příbyl et al. 1992). Rozpad dolomitu je odlišný od kalcitu, tudíž v těchto oblastech vznikají odlišné tvary reliéfu, než jsme zvyklí z České republiky. I chemismus horniny je jiný, takže na fyziologii hornin působí odlišně. Podle poměru vápníku a hořčíku může být dokonce tento vliv i toxický (Kučera 1997).

4.2.3. Slínovcový fenomén

Tento fenomén je vázaný na komplex křídových usazenin. Přesněji na tvrdé vápnitě prachovce a slínovce s organickým podílem (opuky) a ve středu křídové pánve na měkké vápnitě jílovce (slíny)(Kučera 1997).

Tento fenomén bývá ztotožňován s fenoménem opukovým, ovšem slínovcový fenomén je přesnější označení. Název opuka je totiž název lidový či technický, jemuž se petrografie vyhýbá a nahrazuje ho termíny slínovec či prachovcovitý vápnitý jílovec. Určit přesné složení opuky je velmi náročné a často to nejde bez analýzy chemického složení a velikosti úlomků. Proto je pro běžné používání název opuka přijatelnější (Vítek 2011).

Ve východní části České tabule vznikly ve svrchnokřídových vrstvách sedimentů v třetihorách četné zlomy a část oblasti byla zprohýbána a vychýlena z původní vodorovné osy. Vznikly tak desítky kilometrů dlouhé terénní vlny a na skloněných vrstvách opuk a dalších různě odolných hornin vznikly kuesty (Vítek 2011). Výraznou roli na okrajích České tabule sehrály také vodní toky, které v opukách vyhloubily hluboká údolí se strmými svahy a širokou nivou. Tato „neckovitá“ údolí jsou typická například pro Úpu a Metuji (Vítek 2011).

V oblastech opukového fenoménu jsou časté sesuvy, které společně se specifickým zvětráváním opuk umožňují zachování reliktního bezlesí (Kučera 1997). Vegetace těchto území odpovídá přírodním podmínkám, lze zde nalézt fytoindikátory sesuvných území, jako například přesličku obrovskou (*Equisetum maximum*) či stromy, které jsou vykloněny s normální svislé polohy do různých směrů. Nejlépe je toto patrné na jehličnatých stromech (Sýkora 1959).

Flyšový fenomén je zvláštním případem jílovcových a pískovcových usazenin. Nachází se ve vnější flyšové karpatské soustavě a tvoří specifický reliéf, který vznikl rozdílným zvětráváním jednotlivých frakcí. Reliéf je charakteristický vypreparovanými hřbety a erozními brázdami (Kučera 1997).

4.2.4. Neovulkanitový fenomén

Tento fenomén se nachází v oblastech postižených třetihorní vulkanickou činností. Neovulkanický reliéf je v České republice zastoupen dvěma pohořími - Českým středohořím a Doupovskými horami. Ostatní neovulkanity tvoří osamocené vrchy (Vitásek 1966).

Vliv sopečné činnosti je z globálního pohledu zejména v působení disturbancí či destrukci prostředí a jeho následném osídlení. Ve střední Evropě se proto hovoří o vlivu sopečného, vulkanického reliéfu (Kučera 1997). Vliv tohoto fenoménu není pouze v oblastech souvislých vulkanických podloží, ale i mimo ně. V křídových oblastech představuje cizorodý prvek jak z hlediska substrátu, tak reliéfu (Kučera 1997). K obohacení substrátu na lokální úrovni přispívají i bazické výlevné horniny, zejména čedičové.

Vulkanické kopce jsou velmi rozličné. Od strmých vysokých kuželů, jako je například Milešovka, přes skalní věže (Trosky) až po ploché kupy (Komorní hůrka). Vliv na vegetaci je nejvíce patrný u osamocených kuželovitých kopců, které výrazně

převyšují okolní krajinu. Slavíková (1981) a Slavíková et. al (1983), podrobně popsali vliv tohoto jevu na kopci Oblík nedaleko Loun.

Vliv tohoto fenoménu na vegetaci je následující. Krajinu obohacuje o společenstva, která jsou náročnější na dostupnost živin z bazických vulkanitů, dále podporuje výskyt reliktního bezlesí na skalních tvarech. Způsobuje vysokou stanovištní pestrost na malém území a výskyt exklávních prvků bioty. S projevy neovulkanického fenoménu jsou těsně svázány také fenomény vrcholový a suťový (Kučera 1997).

4.2.5. Hadcový fenomén

Hadcový fenomén má vliv zejména lokální, neboť výskyt a rozloha hadcových těles v metamorfovaných horninách není velká. Hadcové půdy, na které je tento fenomén vázán, mají specifické chemicko - fyzikální vlastnosti. Půdy na tomto substrátu obvykle velmi rychle propouštějí vodu, a proto jsou velmi suché a teplé (Slavíková 1986). Obsahují množství toxických sloučenin prvků kobaltu, niklu, hořčíku a chromu (Sýkora 1959, Osladilová 1992). Dalším důležitým prvkem jsou fyzikální vlastnosti hadců. Jedná se především o špatnou tepelnou vodivost, která způsobuje výrazné rozdíly v teplotě mezi hadcovými skalami a okolní krajinou. Hadce také špatně zvětrávají, takže často vystupují nad povrch a tvoří charakteristické hřbety či kamenité svahy (Jeník 1970).

Odlišné složení půdy je velmi ostře ohraničeno vegetací. Nejčastěji roste na těchto místech degradovaný acidofilní bor s výskytem dubů, dále se zde nachází acidofilní traviny, jako je kostřava ovčí (*Festuca ovina*) a vřesové acidofyty – brusnice borůvka (*Vaccinium myrtillus*), vřes obecný (*Calluna vulgaris*) (Sýkora 1959).

4.2.6. Fenomén sutí

Sutě vznikají fyzikálním rozpadem hornin. Jejich působení se označuje jako fenomén sutí, což je extrémní stanovištní fenomén umožňující existenci edaficky podmíněného bezlesí (Sádlo et Kolbek 1994). Podle zaohlení úlomků dělíme suť na hranáčovou, balvanovou nebo kamenitou suť (Balatka, Rubín 1986). Gravitačí se suť hromadí a vznikají suťová pole, droliny, suťové proudy, suťové kužele či osypy, balvanová moře a balvanové proudy (Kučera 1997). K vzniku sutí je potřeba příhodná

hornina, která je vystavená zejména kryogenním procesům - gelivace a regelace. Výsledný tvar, který poté vzniklá suť nabude, závisí na sklonu svahu, na kterém vznikla. Tudíž mohou vznikat jak suťové kužele, tak suťová pole a podobně (Balatka, Rubín 1986). Pokud je suť delší dobu stabilní, postupně začne zarůstat lesem (Kučera 1997).

Vliv suťového fenoménu je mimo vzniku edaficky podmíněného bezlesí zejména v působení na mikroklima. Významný je teplotní rozdíl mezi povrchem sutí a jejími vnitřními prostory. Povrch sutě je velmi citlivý k výkyvům teploty, vnitřní prostředí má různou citlivost k teplotním změnám, většinou je toto prostředí vlhčí a teplotně stabilní (Brabec 1971). Vnitřní vzduch je proto většinou velmi studený a vytéká při spodní hraně sutí a ovlivňuje vegetaci. Vodní režim je odvislý od teploty, nicméně obecně lze říci, že povrch sutí vysychá a voda se nachází pouze uvnitř sutí v podobě kapiček nebo filmu na kamenech (Brabec 1971).

Typickým zástupcem bylin nacházejících se na sutích je lomikámen trsnatý (*Saxifraga rosacea*) a typický lesní porost je tvořen javorovými lesy (*Acereto – Fraxinetum*) (Sýkora 1959). Sutě se nachází také na Křivoklátsku, zejména na prudkých svazích kolem řeky Berounky a také v některých roklích. Na nich se nachází velmi dobře zachovalé suťové lesy svazu *Tilio – Acerion* a velmi cenné jsou také suťové porosty s tiselem červeným (*Taxus baccata*).

5. Metodika

K zhodnocení vlivu substrátu a reliéfu na diverzitu vegetace cévnatých rostlin v chráněné krajinné oblasti Křivoklátsko bylo zapotřebí nejprve získat databázi všech cévnatých rostlin v CHKO Křivoklátsko. Tu jsem již zpracoval v rámci své bakalářské práce. Tato databáze vychází ze síťového mapování cévnatých rostlin v daném území. Toto mapování probíhalo na základě terénních výzkumů, kdy byla květena a vegetace území sledována v různé intenzitě od roku 1975. V roce 1995 byla vytvořena finální mapa potenciální přirozené vegetace CHKO Křivoklátsko. Součástí vydání souboru potenciální přirozené vegetace CHKO Křivoklátsko je i publikace, kde je mimo jiné i detailně rozpracován výskyt jednotlivých druhů cévnatých rostlin v území celé oblasti. Tento výskyt byl zaznamenán v území CHKO Křivoklátska a proložen čtvercovou sítí o ploše čtverce 1,1 km², kdy v každém čtverci bylo zaznamenáno, zda se tam daný druh vyskytuje či ne. Z tištěných map byla při zpracovávání bakalářské práce vytvořena databáze, se kterou jsem pracoval jak v bakalářské práci, tak i v diplomové práci. Celkově je území rozděleno do 546 čtverců.

Nálezová databáze cévnatých rostlin byla rozšířena o databázi geologického podloží v jednotlivých čtvercích a také o geochemickou reaktivitu jednotlivých substrátů. Informace o horninách byly získány z geologické mapy České republiky v měřítku 1 : 50 000. Horniny byly seskupeny do 15 kategorií podle diplomové práce Kateřiny Jačkové (2007), která tyto skupiny geologického podloží vytvořila po konzultaci s doktorem Tonikou na základě působení na vegetaci, zejména z chemické stránky. Její práce se zabývala i národním parkem Šumava, ve které jsou i kategorie geologického podloží, které se na Křivoklátsku nenachází. Informace o substrátu a jeho geochemické reaktivitě, a schopnosti jednotlivých typů substrátu uvolňovat alkalické prvky do prostředí pochází z databáze Českého geologického ústavu. Geochemická reaktivita hornin byla vytvořena dle metodiky „Sestavování map geochemické reaktivity hornin“ v edici map 1 : 50 000 (Čadek et al. 1985) Tabulka s vymezením jednotlivých kategorií je uvedena v tab. č. 1.

Pro hodnocení vlivu substrátu na diverzitu rostlin jsem použil následující charakteristiky: schopnost substrátu uvolňovat alkalické prvky do prostředí (3 kategorie), geochemickou reaktivitu substrátu (30 kategorií), typ substrátu (6 kategorií) a geologické podloží (15 kategorií) (tab. č. 1).

tab. č. 1: Seskupení hornin dle různých kritérií použité jako vysvětlující proměnné

snadnost uvolňování alkalických prvků do prostředí	typ substrátu	geochemická reaktivita substrátu	horniny	
a	kyselý	1	karbonátové horniny	
	vápnitý	3	vápnité jílovce, prachovce, pískovce s převahou vápnitých hornin	
	vysoký obsah alkalických prvků	11	pyroklastika bazaltů, bazanitů, tefritů,	
	střední obsah alkalických prvků	17	fylity	
	extrémně nízký obsah alkalických prvků		31	prachovce, jíly jílovce jílovité břidlice
			34	pískovce, slepence, arkózy, droby
			33	sprašová hlína
			32	jílovce, prachovce
35			pískovce, slepence, arkózy, droby	
b	vysoký obsah alkalických prvků	22	bazalty, bazanity, tefrity, olivínické foidity, fonolity, silně alteované vyvřeliny, subvulkanické brekcie	
	střední obsah alkalických prvků	19	andezity, fonolity, trachyty, trachybazalty	
	nízký obsah alkalických prvků	14	ryolity, dacity, ignimbry, (andezity)	
	extrémně nízký obsah alkalických prvků	30	kvarcity, rohovce, metaprachovce, metaryolity, metaryodacity	
c	vysoký obsah alkalických prvků	24	metagabra, metabazalty, dolerit, diabas, mastková břidlice, krupník	
	nízký obsah alkalických prvků	15	granity, granodiority, diority, monzodiority, tonality, žilné ekvivalenty (pegmatity, aplity, porfyry, lamprofyr)	
	extrémně nízký obsah alkalických prvků	37	křemenné pískovce, silicity, křemence	

Pro hodnocení vlivu reliéfu na diverzitu rostlin jsem použil data o průměrné nadmořské výšce ve čtverci. Pro potřeby této práce jsem data o průměrné nadmořské výšce jednotlivých čtverců v CHKO Křivoklátsko transformoval dekadickým logaritmem, aby tvořila kompaktní datový soubor.

5.1. Vysvětlující proměnné

Schopnost substrátu uvolňovat alkalické prvky do prostředí je vyjádřena kategoriemi reaktivity *a*, *b*, *c*. Jedná se o kombinaci rychlosti zvětrávání a typu substrátu. Kategorie *a* značí horniny s velmi snadným uvolňováním alkalických prvků, kategorie *b* jsou horniny se středním uvolňováním alkalických prvků a kategorie *c* jsou horniny obtížně uvolňující alkalické prvky. Testoval jsem, zda větší diverzita kategorií ve čtverci vede k vyšší diverzitě rostlin. Pro zhodnocení diverzity na základě této charakteristiky jsem použil zastoupení jednotlivých kategorií ve čtvercích a jejich kombinací (tab. č. 2.). Teoreticky by se mohli ve čtvercích nacházet i jiné kombinace, ale reálně se na Křivoklátsku vyskytuje těchto 5 kombinací.

tab. č. 2: Zastoupení kategorií hornin dle snadnosti uvolňování alkalických prvků do prostředí ve čtvercích

kategorie	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a b</i>	<i>a c</i>	<i>a b c</i>
počet čtverců	142	25	170	112	97

Prostředí substrátu se dělí na 6 kategorií podle obsahu alkalických prvků pokrývající škálu od zásaditých vápnatých prostředí přes prostředí s vysokým množstvím alkalických prvků až ke kyselým prostředím s extrémně nízkým obsahem alkalických prvků, navíc se vyčleňují karbonátové horniny (tab. č. 1). Vliv diverzity prostředí substrátu na diverzitu rostlin jsem hodnotil podle počtu kategorií prostředí substrátu ve čtvercích (tab. č. 3). Zajímalo mě, zda je při větším počtu kategorií ve čtverci větší diverzita rostlin.

tab. č. 3: Počet kategorií prostředí substrátu ve čtvercích

počet kategorií ve čtverci	1	2	3	4
počet čtverců	227	208	93	18

Geochemická reaktivita popisuje odolnost jednotlivých minerálů a hornin k zvětrávání. Geochemická reaktivita substrátu se rozděluje do 30 kategorií (Čadek et al. 1985). Na Křivoklátsku se nachází 16 těchto kategorií. Pro zhodnocení vlivu geochemické reaktivity na diverzitu rostlin jsem použil počet těchto kategorií ve čtvercích (tab. č. 4). Testoval jsem, zda větší počet kategorií ve čtverci má za následek

také větší počet druhů rostlin. Pro analýzu byly použity pouze čtverce s počtem kategorií 2 – 6, neboť ostatních čtverců je příliš málo.

tab. č. 4: Počet kategorií geochemické reaktivity ve čtvercích

počet kategorií ve čtverci	1	2	3	4	5	6	7	8	9
počet čtverců	10	113	108	151	121	38	3	1	1

Horniny jsem dále seskupil do kategorií podle Jačkové (2007) na základě jejich působení na vegetaci z chemického hlediska (Příloha 1). Vliv geologického podloží na diverzitu rostlin jsem pak hodnotil na základě počtu kategorií geologického podloží ve čtvercích (tab. č. 5). Testoval jsem, zda větší počet kategorií geologického podloží ve čtverci zapříčiňuje vyšší diverzitu rostlin. Z analýzy byly vyřazeny čtverce se zastoupením pouze jedné kategorie ve čtverci a se sedmi kategoriemi, neboť takovýchto čtverců byl malý počet.

tab. č. 5: Počet kategorií geologického podloží ve čtvercích

počet kategorií ve čtverci	1	2	3	4	5	6	7
počet čtverců	6	65	185	174	90	23	3

U 4 výše zmíněných charakteristik mě také zajímalo, jak se druhově liší čtverce, které mají větší než 75 % zastoupení jedné kategorie ve čtverci.

Při snaze zabránit autokorelaci způsobenou stejným typem substrátu či geologického podloží v sousedních čtvercích jsem také použil analýzu pro náhodně vybrané čtverce. Náhodně bylo vybráno 25 % čtverců z každé kategorie u všech charakteristik, neboť toto množství zajistilo dostatečné množství čtverců k analýze, ovšem některé méně početné kategorie u jednotlivých charakteristik nebyly k následné analýze použity, neboť by neměly vypovídající hodnotu.

5.2. Použité metody

Pro analýzu vlivu substrátu a geologického podloží na diverzitu rostlin jsem použil parametrickou jednofaktorovou analýzu variance (ANOVA) s hladinou spolehlivosti 95 %. Parametrickou analýzu variance jsem použil proto, že Shapiro – Wilkův test prokázal všechna data jako normálně rozdělená. Testem pro mnohonásobné opakování s Bonferroniho korekcí jsem porovnal rozdíly mezi jednotlivými kategoriemi pro různé vysvětlující proměnné. Testován byl vliv diverzity substrátu na diverzitu cévnatých rostlin a u čtverců s vyšším než 75% zastoupením určitých kategorií zvolené vysvětlující proměnné, rozdíly v diverzitě mezi kategoriemi. U analýzy variance jsem ještě zjišťoval, kolik procent variability diverzity rostlin se jí vysvětlí. K tomu mi posloužila statistická metoda velikost účinku (effect size) vyjádřená hodnotou ω^2 (omega squared). Pro tuto analýzu jsem použil program StatPlus 2009, stejně jako pro vytvoření box plotů. Pro náhodný výběr jsem použil program GME (Geospatial Modelling Environment) a pro následnou práci s daty program Excel či StatPlus 2009.

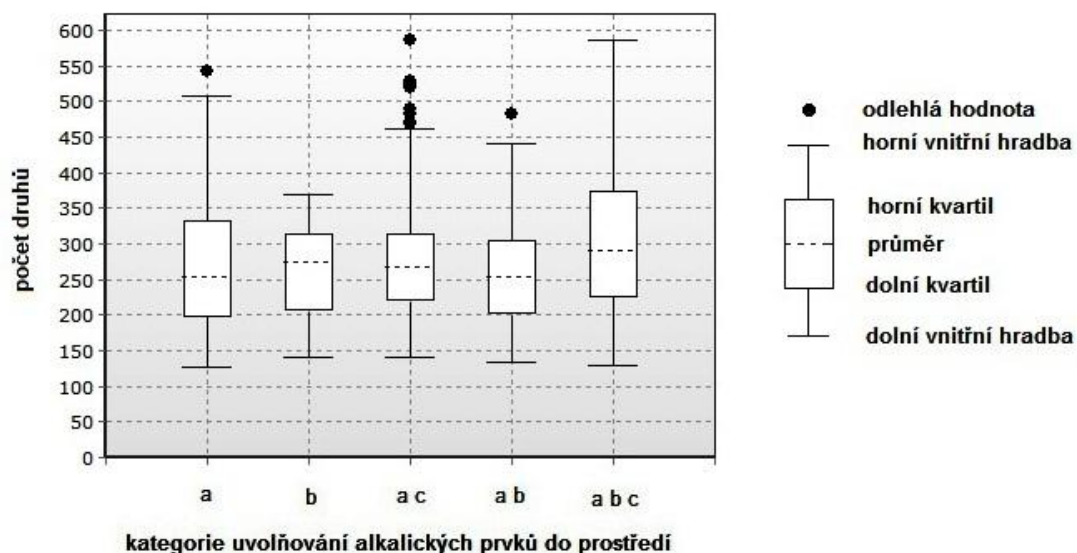
Pro mapové výstupy byl použit program ArcGIS.

6. Výsledky

Křivoklátsko je velmi bohaté na přírodní podmínky. To je dáno pestrým geologickým složením hornin a velmi členitým reliéfem. V této kapitole zhodnotím vliv jednotlivých kategorií substrátu, geologického podloží a také ukážu vliv reliéfu na diverzitu rostlin v této oblasti.

6.1. Diverzita rostlin v závislosti na uvolňování alkalických prvků do prostředí

Výsledky analýzy variance všech čtverců ukázaly, že existují průkazné rozdíly mezi čtverci lišícími se diverzitou hornin seskupených dle uvolňování alkalických prvků do prostředí ($p = 0,0011$). Průměrně nejvíce druhů je zastoupeno ve čtvercích, které mají zastoupeny všechny 3 kategorie reaktivity, a to 303 druhů, tzn., jsou zde zastoupeny horniny se všemi kategoriemi uvolňování alkalických prvků (mohou se zde nacházet všechny druhy hornin v CHKO Křivoklátsko). Druhý největší průměrný počet druhů byl u kategorie **a b** – 282 druhů, kde jsou zastoupeny horniny s velmi snadným a středním uvolňováním alkalických prvků (jedná se např. o pískovce, břidlice, prachovce, andezity a bazalty), a třetí nejpočetnější jsou čtverce s kategorií **a** s průměrem 270 druhů na čtverec, kde jsou zastoupeny pouze horniny s velmi snadným uvolňováním alkalických prvků (např. prachovce, jílovité břidlice, pískovce, slepence). Pro zjištění rozdílů mezi kategoriemi jsem použil test pro mnohonásobné srovnání s Bonferroniho korekcí. Výsledky ukázaly, že jsou průkazné rozdíly mezi kategoriemi **a** a **a b c**, tedy mezi čtverci s horninami snadno uvolňujícími alkalické prvky a čtverci, kde se vyskytují horniny se všemi kategoriemi uvolňování. Průkazné rozdíly byly dále zjištěny mezi čtverci se zastoupením kategorií **a c**, tedy čtverci, ve kterých horniny snadno a obtížně uvolňují alkalické prvky, a **a b c**, tedy čtverci s horninami se všemi třemi kategoriemi uvolňování alkalických prvků. Mezi ostatními kategoriemi nebyl průkazný rozdíl. Největší diverzita rostlin je tedy ve čtvercích, ve kterých se nachází kombinace tří typů substrátů podle uvolňování alkalických prvků do prostředí (obr. č. 9). Pomocí vysvětlující proměnné snadnost uvolňování alkalických prvků bylo vysvětleno 2,6 % variability v diverzitě rostlin.



Obr. č. 9: Počet druhů v závislosti na kategorii uvolňování alkalických prvků do prostředí ve čtverci

Závislost diverzity rostlin na diverzitě kategorií substrátu nebyla při použití 25% náhodně vygenerovaného souboru čtverců průkazná.

Rozdíly mezi čtverci s dominantním zastoupením jedné z kategorií neukázal průkazné rozdíly. Ve 407 čtvercích je substrát zastoupen na více než 75 % plochy kategorií **a** (tzn. horninami snadno uvolňující alkalické prvky, v 67 čtvercích má zastoupení na ploše větší než 75 % kategorie **b** (tzn. horninami středně uvolňující alkalické prvky). Ve zbylých 72 čtvercích nemá ani jedna kategorie zastoupení na ploše větší než 75 %.

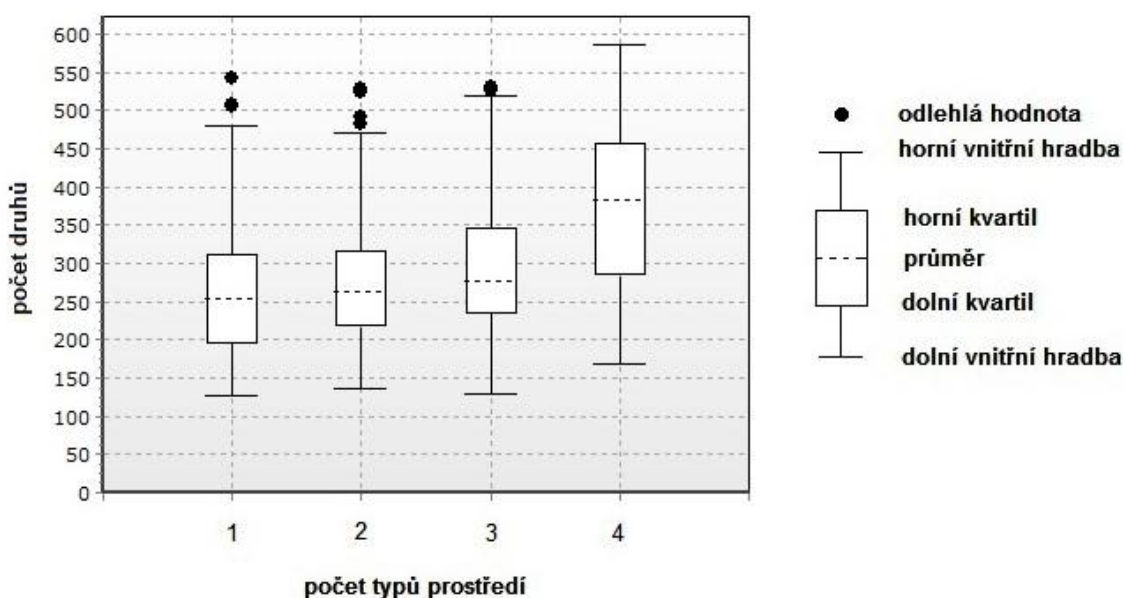
6.2. Vliv prostředí substrátu na diverzitu rostlin

Prostředí substrátu je vysvětlující proměnná, která popisuje kyselost či zásaditost substrátu. Počet kategorií prostředí substrátů se pohybuje ve čtvercích od 1 do 4 (tab. č. 2). Pomocí analýzy variance bylo prokázáno, že mezi čtverci s různou diverzitou substrátu existují rozdíly v diverzitě rostlin ($p \ll 0,05$)(obr. č. 10). Průměrný počet druhů se zvyšuje s diverzitou prostředí substrátu ve čtverci (tab. č. 6).

tab. č. 6: Diverzita prostředí substrátu a průměrný počet rostlin ve čtverci

počet druhů prostředí substrátu	1	2	3	4
průměrný počet druhů rostlin	262	274	296	378

Test pro mnohonásobné srovnání s Bonferroniho korekcí prokázal, že existují statistické rozdíly mezi kategoriemi 1 a 3, 1 a 4, 2 a 4, 3 a 4. Díky tomu lze říci, že s větší diverzitou prostředí substrátu můžeme očekávat také větší diverzitu rostlin. Prostředím substrátu se vysvětlí 5,9 % variability v diverzitě rostlin.



Obr. č. 10: Závislost počtu druhů na počtu typů prostředí ve čtverci.

Při použití náhodného výběru pro odstranění autokorelace se pomocí analýzy variance neprokázaly statisticky významné rozdíly v počtu druhů rostlin mezi čtverci s různou diverzitou substrátu.

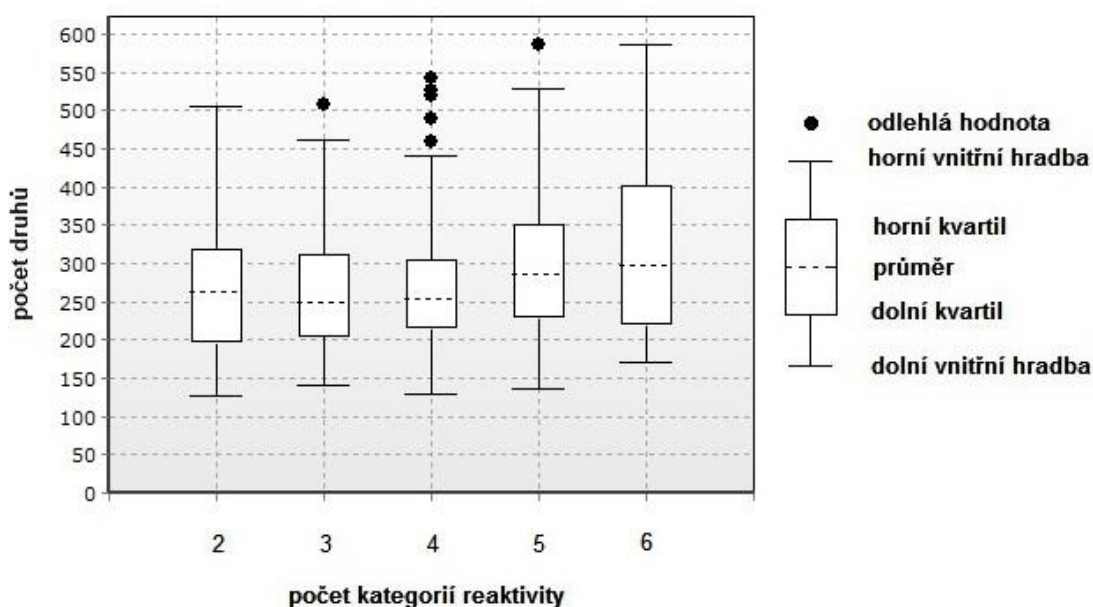
Při zkoumání závislosti diverzity rostlin na převažujícím typu prostředí substrátu ve čtverci vyšlo najevo, že pouze dva typy substrátu mají zastoupení v ploše čtverce větší než 75 %. Jsou to čtverce s převahou substrátu s extrémně nízkým obsahem alkalických prvků, těch je 417 (s průměrným počtem rostlin ve čtverci 270), a čtverce s převahou substrátu s nízkým obsahem alkalických prvků, těch je 34 (s průměrným počtem rostlin ve čtverci 251). Už takovýto nepoměr mezi statistickými soubory se velmi těžko porovnává, a ani pomocí ANOVA testu se nepodařilo prokázat rozdíly v diverzitě druhů rostlin mezi těmito dvěma skupinami čtverců.

6.3. Vliv geochemické reaktivity substrátu na diverzitu rostlin

Geochemická reaktivita popisuje odolnost minerálů a hornin vůči zvětrávání. Analýza variance vlivu diverzity hornin rozdílné geochemické reaktivity ve čtverci na diverzitu rostlin ukázala, že mezi čtverci existují průkazné rozdíly ($p \ll 0,05$) (obr. č. 11). Největší průměrný počet druhů je ve čtvercích s horninami patřícími k 6 typům reaktivity, 313 (tab. č. 7). Je vidět, že při počtu 2 – 4 kategorií reaktivity substrátů ve čtverci se průměrná diverzita rostlin nemění, ale u počtu 5 a 6 kategorií reaktivity substrátu se diverzita rostlin zvyšuje. Test mnohonásobného srovnání s Bonferroniho korekcí prokázal statistické rozdíly mezi čtverci, kde je zastoupena geochemická reaktivita zastoupena 2 a 6, 3 a 5, 3 a 6, 4 a 5, 4 a 6 kategoriemi. Touto vysvětlující proměnnou se vysvětlí 3 % variability v diverzitě rostlin.

tab. č. 7: Počet druhů reaktivity substrátu a průměrný počet druhů rostlin ve čtverci

počet druhů reaktivity substrátu	2	3	4	5	6
průměrný počet druhů rostlin	265	263	263	296	313



Obr. č. 11: Závislost počtu druhů na počtu kategorií reaktivity ve čtverci

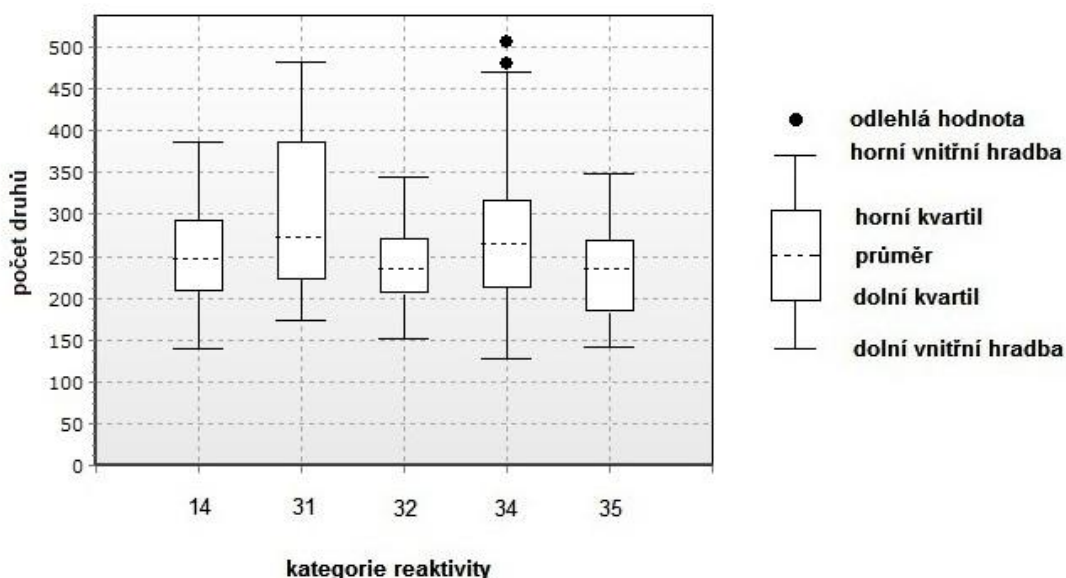
Při aplikaci náhodného výběru na tyto kategorie ovšem analýza variance neukázala statisticky významné rozdíly v počtu druhů mezi čtverci.

Větší jak 75 % zastoupení jedné kategorie geochemické reaktivity na ploše čtverce je u 5 kategorií. Analýza variance ukázala, že jsou statisticky průkazné rozdíly v počtu druhů rostlin mezi čtverci ($p = 0,042$)(obr. č. 12). Nejvíce druhů rostlin, 305, se nachází ve čtvercích s převažující kategorií 31, což jsou prachovce, jíly, jílovce a jílovité břidlice (tab. č. 8). Převahou jedné kategorie geochemické reaktivity ve čtverci se vysvětlí 2,9 % variability v diverzitě rostlin.

tab. č. 8: Kategorie geochemické reaktivity s plochou ve čtverci větší než 75 %

kategorie geochemické reaktivity	14	31	32	34	35
průměrný počet druhů	250	305	243	270	230

Test mnohonásobného porovnání s Bonferroniho korekcí ovšem neprokázal statistické rozdíly v diverzitě rostlin mezi jednotlivými kategoriemi substrátu. V těchto kategoriích se nachází ryolity, prachovce, jíly, jílovce, břidlice, slepence, arkózy a droby. Nelze tedy říci, že by některá kategorie převažujícího substrátu měla výrazný vliv na diverzitu rostlin.

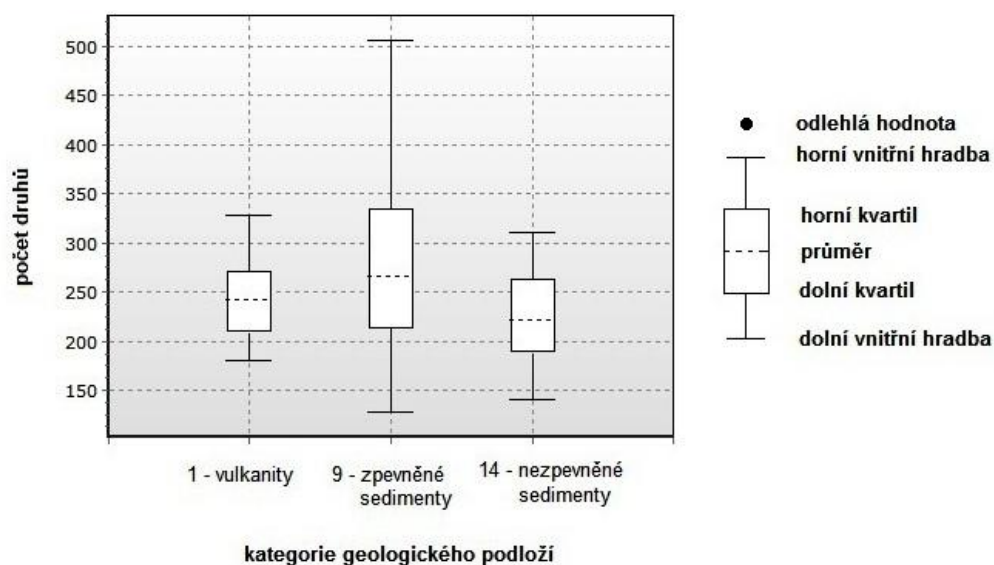


Obr. č. 12: Závislost počtu druhů na převažující kategorii reaktivity substrátu ve čtverci

6.4. Vliv geologického podloží na diverzitu rostlin

U počtu kategorií geologického podloží ve čtverci se nepodařilo prokázat rozdíly mezi čtverci s rozdílnou diverzitou podloží a diverzitou rostlin. Neprůkazná také byla analýza 25 % náhodně vybraných čtverců pro tuto kategorii.

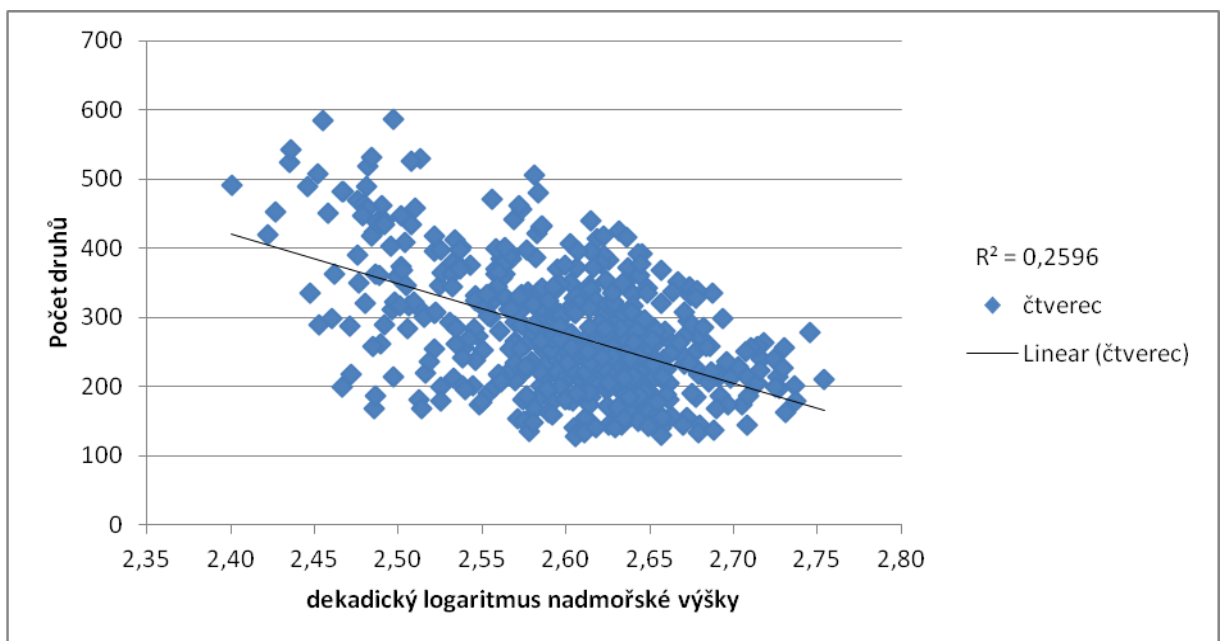
U tří kategorií geologického podloží s pokryvem plochy čtverce větším než 75 % mělo smysl provést analýzu variance. Tato analýza ukázala, že jsou statisticky průkazné rozdíly mezi kategoriemi geologického podloží v diverzitě rostlin ($p = 0,01$) (obr. č. 13). Test mnohonásobného porovnání s Bonferroniho korekcí prokázal statistické rozdíly mezi kategorií 9 a 14, tedy mezi zpevněnými a nezpevněnými sedimenty. Větší průměrná diverzita ve čtverci je u kategorie 9 (tzn. u zpevněných sedimentů), 275 druhů, menší je pak u kategorie 14 (tzn. u nezpevněných sedimentů), 225 druhů. Tímto je vysvětleno 2,9 % variability v diverzitě rostlin.



Obr. č. 13: Závislost počtu druhů na převažující kategorii geologického podloží ve čtverci.

6.5. Vliv reliéfu na diverzitu rostlin v CHKO Křivoklátsko.

Vlivu reliéfu na diverzitu rostlin na Křivoklátsku jsem se podrobně věnoval ve své bakalářské práci. Zde shrnu pouze základní poznatky. Závislost nadmořské výšky a diverzity rostlin je všeobecně taková, že se stoupající nadmořskou výškou klesá počet druhů rostlin. Z analýzy dat vyplývá, že počet druhů skutečně klesá s nadmořskou výškou (obr č. 14). Nadmořskou výškou lze vysvětlit téměř 26 % variability v diverzitě rostlin.



Obr. č. 14: Závislost počtu druhů rostlin na nadmořské výšce

7. Diskuse

Na diverzitu rostlin mají na Křivoklátsku vliv mnohé faktory neživé přírody. Pokud se jedná o vliv reliéfu a substrátu, jsou tyto vlivy zřetelné a popsitelné i statisticky. Typ substrátu je určující podmínkou společně s klimatem pro rostliny, které se na daném místě budou přirozeně vyskytovat. Bohatost vegetace mimo jiné zajišťuje substrát samotný a také jeho diverzita na regionální či lokální úrovni. Na území Křivoklátska je patrný vliv diverzity substrátu na bohatost rostlin. Tento vliv byl zkoumán z hlediska několika kritérií substrátu, konkrétně jeho schopnosti uvolňovat alkalické prvky, kyselosti či zásaditosti prostředí, geochemické reaktivity a z hlediska vlivu geologického podloží.

Substrát ovlivňuje diverzitu rostlin na Křivoklátsku svojí diverzitou. Při zkoumání jednotlivých kategorizací substrátu se neprokázalo, že by převaha substrátu ve čtverci měla za následek větší diverzitu rostlin. Prokazatelný byl vliv pouze z hlediska geologického podloží, kdy zpevněné sedimenty hostí největší průměrný počet druhů. Zpevněné sedimenty tvoří stabilní podloží pro rostliny a tvoří tedy výhodné podmínky pro jejich růst a šíření. Tímto lze vysvětlit podle velikosti účinku (effect size) 2,9 % diverzity rostlin na Křivoklátsku.

Jinak je tomu ovšem s diverzitou substrátu ve čtvercích. Ukázalo se, že horniny seskupené podle uvolňování alkalických prvků mají diverzitu rostlin největší při kombinaci všech tří typů substrátu (*a b c*). Rozdíl oproti ostatním kombinacím jednotlivých kategorií ve čtverci v tomto případě není velký. Jinak tomu je u kategorie popisující prostředí substrátu. U tohoto ukazatele je patrná zvyšující se diverzita rostlin s rostoucím počtem kategorií substrátu. Velké množství různých stanovišť způsobené jednak množstvím kategorií a i přechody mezi nimi může podporovat pozitivně diverzitu rostlin. Mezi 3 a 4 typy prostředí substrátů je rozdíl 82 druhů, u 3 typů je to průměrně 296 druhů, u 4 typů je průměr 378 druhů. Je to vysoký rozdíl, nicméně může být způsoben i relativně menším množstvím čtverců, ve kterých se nachází 4 typy prostředí substrátu. U geochemické reaktivity se průměrný počet druhů rostlin u 2 – 4 kategorií ve čtverci drží na 263, respektive u 2 kategorií na 265. U 5 a 6 kategorií geochemické reaktivity ve čtverci se průměrný počet rostlin skokově zvýšil, u 5 kategorií 296 druhů rostlin, u 6 kategorií pak 313. Pomocí statistické metody velikost účinku (size effect), jsem zjistil, že diverzitou substrátu různě seskupených lze vysvětlit diverzitu rostlin nejlépe pomocí kategorie prostředí substrátu, a to z 5,9 %. Geochemická reaktivita vysvětluje 3 % diverzity a schopnost hornin uvolňovat alkalické prvky 2,9 % diverzity cévnatých rostlin v CHKO Křivoklátsko.

Vlivem substrátu na diverzitu rostlin se zabývají mnozí autoři. Černý a kolektiv (2013) studovali vliv prostředí na diverzitu rostlin v temperátním lese na korejském poloostrově. Jejich výsledky říkají, že celková diverzita a diverzita stromů v oblasti koreluje hlavně s variabilitou půd. Naproti tomu diverzita bylin a keřů je v korelaci s geografickou variabilitou prostředí. S růstem počtu druhů pozitivně korelovala zvyšující se půdní reakce, ovšem pouze u bylin ve vyšších nadmořských výškách byla tato závislost statisticky průkazná. Že má v lesním prostředí významný vliv na diverzitu rostlin půdní reakce, o tom se zmiňuje i Chytrý et al. (2007), který toto zkoumal na jižní Sibiři. Stejně tak je tomu tak i v severozápadním Německu, kde se touto problematikou zabývali Schuster a Diekmann (2005).

Kyselost či zásaditost půdy má na diverzitu vliv. Tato vlastnost přechází do půdy hlavně díky zvětrávání matečné horniny. Na Křivoklátsku je patrný vliv diverzity prostředí substrátu na diverzitu rostlin. Chytrý a kolektiv (2003) studovali diverzitu druhů na lokální a regionální úrovni v závislosti na pH a došli k závěru, že zde existuje více vztahů mezi diverzitou rostlin a pH než přímá nebo nepřímá závislost. Ve Švédsku se vlivu kyselosti půdy na diverzitu rostlin v lesích zabývali Dupré a kolektiv (2002) a došli k závěru, že se nejvíce druhů se nachází v mírně kyselém prostředí s pH v rozmezí 5 – 5,5. Pokud je půda zásaditější či kyselejší, počet druhů klesá. Tento vztah se nazývá unimodální. Tento vztah je platný pro severní Evropu a severní střední Evropu, směrem na jih je tato závislost komplikovanější, neboť v Německu a ve Švýcarsku se opadavé lesy nachází i na vápnatých a pískovcových svazích a jedná se o nejbohatší lesy v regionu (Dupré et al. 2002). Je tedy patrné, že acidita půdy nebude určující faktor diverzity rostlin ve střední Evropě.

Z hlediska reliéfu je na Křivoklátsku nejpatrnější vliv nadmořské výšky. Se stoupající nadmořskou výškou klesá počet druhů. Tento jev je jedním z nejznámějších gradientů biodiverzity, který byl široce studován. Pokles druhového bohatství s rostoucí nadmořskou výškou je spojován s poklesem produktivity prostředí, nižšími teplotami ve vyšších nadmořských výškách a kratším vegetačním obdobím (Townsend et al. 2010). Ovšem v geografické poloze Křivoklátska nejsou ani velké rozdíly nadmořské výšky, ani velké rozdíly klimatu. Na Křivoklátsku lze vysvětlit pokles diverzity rostlin s větší nadmořskou výškou zhruba v 26 % (Valtr 2011). Čtverce jsou v území Křivoklátska relativně velké a proto i do čtverců s nejnižší průměrnou nadmořskou výškou spadne jak niva Berounky, tak i strmé svahy se skalními výstupy. To patrně zapříčiňuje vysokou diverzitu rostlin. Tento vztah reliéfu a diverzity rostlin je nejsilnější. Další zkoumané faktory – vliv sklonitosti reliéfu na diverzitu rostlin a vliv proměnlivosti orientace svahů sice byly také průkazné, ale již s menší hodnotou

spolehlivosti. Sklonitostí lze vysvětlit 16 % variability. U orientace svahů jsem zkoumal vliv počtu orientací na diverzitu rostlin a pomocí analýzy variance jsem prokázal, že nejvíce druhů rostlin se nachází ve čtvercích, ve kterých jsou zastoupeny všechny orientace svahů (Valtr 2011).

Při srovnání vlivu reliéfu a substrátu na diverzitu rostlin je jasné, že diverzita je daleko více ovlivňována reliéfem. Reliéfem skrze nadmořskou výšku vysvětlíme diverzitu z 26 % a pomocí sklonitosti 16 % diverzity rostlin na Křivoklátsku. Substrátem lze vysvětlit diverzitu rostlin nejvýše z 5,9 % u kategorizace substrátu podle prostředí. U dalších dvou kategorizací, tedy u geochemické reaktivity a schopnosti hornin uvolňovat alkalické prvky je to pouze kolem 3 %. Je tedy jasné, že pro posouzení vlivu abiotických podmínek na diverzitu rostlin se jeví nejlépe právě vliv gradientu nadmořské výšky.

Pokles druhů rostlin s nadmořskou výškou je pozorován také v severní Americe, kde se tomuto jevu věnuje množství autorů na různých místech USA a Kanady (Whittaker 1960, Benayas 1995, Fisher & Fulé 2004, Loughin & Abella 2007). Tito autoři uvádí, že vzrůstající nadmořská výška způsobuje menší bohatost rostlin a že tento jev patří mezi hlavní, ale nikdy se neuvádí jako jediný nebo výrazně majoritní faktor ovlivňující diverzitu rostlin.

Dalšími prvky reliéfu jsou sklonitost svahů a proměnlivost orientace svahů. Závislost diverzity rostlin na těchto dvou faktorech je menší než na nadmořské výšce (Valtr 2011) Tyto faktory společně s nadmořskou výškou přispívají k větší stanovištní diverzitě, která se promítá do diverzity rostlin. Eversoun & Boucher (1997) studovali vliv reliéfu a geologického podloží na diverzitu stromů na řece Potomac v USA. Došli k závěru, že geologické podloží samo o sobě nemá na diverzitu stromů zásadní vliv. Zajímavý je závěr, že místa s větší reliéfovou diverzitou, zejména díky sklonitosti a převýšení, mají větší diverzitu stromů než široká a plochá nívná oblast kolem řeky. Dalo by se zde možná hovořit o náznaku říčního fenoménu.

V údolí řeky Berounky je identifikován říční fenomén, který se výrazně podílí na bohatosti vegetace. Tímto fenoménem se na Křivoklátsku zabýval zejména Ložek (1983, 1988, 2005, 2011). Velmi detailně se říčním fenoménem zabýval Zelený (2008). Studoval tento jev na dvou řekách, Vltavě a Dyji. Došel k závěru, že jedním z důvodů vysoké biodiverzity v hlubokých údolích Českého masivu je fakt, že tato údolí jsou velmi těžko dostupná pro člověka a tedy jsou zde malé projevy lidské činnosti. Hlavními příčinami diverzity rostlin v říčním, respektive údolním fenoménu jsou ovšem podle Zeleného (2008) sklonitost svahů, orientace svahů a převýšení mezi dnem údolí

a jeho horní hranicí. Vliv substrátu se ukázal jako doplněk tomuto hlavnímu jevu, tedy že může pouze zvýšit diverzitu rostlin v oblastech říčního a údolního fenoménu. To koresponduje i s mými výsledky, říční a údolní fenomén je na Křivoklátsku, zejména v údolí řeky Berounky, silně vyvinut a tudíž skrze nadmořskou výšku a další faktory ovlivňuje diverzitu rostlin výrazným způsobem.

8. Závěr

Na Křivoklátsku diverzita rostlin není ovlivněna jedním nebo dvěma faktory. Jedná se o komplexní vlivy živé a neživé přírody, které vytváří dohromady jedinečnou oblast vysoké biodiverzity a geodiverzity. Ze zkoumaných prvků, které mohou ovlivňovat diverzitu rostlin na Křivoklátsku, se ukázala jako nejvýznamnější nadmořská výška. Z hlediska substrátu je jeho největším vlivem diverzita prostředí, větší diverzita této kategorizace substrátu vede k vyšší diverzitě rostlin. U ostatních zkoumaných vlastností se také projevuje závislost, ale není výrazná.

Specifickým projevem kombinací vlastností reliéfu, substrátu a dalších podmínek neživé přírody jsou ekofenomény. Nejvíce je patrný vliv říčního a údolního fenoménu na Křivoklátsku, zejména v údolí řeky Berounky, ale i na některých jejích přítocích.

Celkový stav přírody není jen kombinací složek živé a neživé přírody, vždy je zde i patrný vliv člověka. Specifikou studovaného území je poměrně malý rozsah osídlení, podmíněný historickým vývojem. Již čeští králové oceňovali přírodní kvality křivoklátských lesů, a tato tradice napomohla jejich uchování. Řídké osídlení a příkladný vztah k přírodě jako zdroji obživy umožnil zachovat přírodní bohatství území, které dodnes obdivujeme. Můžeme si pouze přát, aby tento vztah k přírodě pokračoval i do budoucna.

Seznam použité literatury:

- AUSLANDER, M., NEVO, E., INBAR, M. (2003): *The effects of slope orientation on plant growth, developmental instability and susceptibility to herbivores*. Journal of Arid Environments 55, s. 405-416
- BALATKA, B., KALVODA, J. (2006): *Geomorfologické členění reliéfu Čech*. Kartografie Praha, 79 s.
- BALATKA, B., RUBÍN, J. (1986): *Atlas skalních, zemních a půdních tvarů*. Academia, Praha, 388 s.
- BALATKA, B. SLÁDEK, J. (1962): *Říční terasy v českých zemích*. ČSAV, Praha 580, s.
- BALATKA, B., SLÁDEK, J. (1980): *Geomorfologie CHKO Kokořínsko a přilehlého okolí*. Bohemia Centralis, Praha, 10, s. 7 – 53
- BARRY, R. G., (2008): *Mountain Weather and Climate*. Boulder. USA: University of Colorado. 65 s.
- BENAYAS, J. M. R. (1995): *Patterns of diversity in the strata of boreal montane forest in British Columbia*. Journal of Vegetation Science 6, s. 95-98
- BLAŽKOVÁ, D. (1990): *Luční vegetace CHKO Křivoklátsko*. In: Rivola, M. et al., *Současný stav a cíle botanického výzkumu CHKO Křivoklátsko*. Praha, s. 91 – 98
- BRABEC, E. (1971): *Příspěvek k ekologii sutí Českého středohoří*. Diplomová práce, PřF UK v Praze, 84 s.
- CÍLEK, V., MIKULÁŠ, R., LOŽEK, V., JAROŠOVÁ, L., SVOBODA, J., ŠKRDLA, P., KARLÍK, M. (1996): *Výzkum pískovcových převisů v SZ části CHKO Kokořínsko*. Část III., *Ochrana přírody* 51, 4, 104–108, 1996/4
- ČADEK, J., POKORNÝ, J., DUBÁNEK, V. (1985): *Metodika „sestavování map geochemické reaktivity hornin“ v edici map 1 : 50 000*, ústřední ústav geologický Praha
- ČERNÝ, T., DOLEŽAL, J., JANEČEK, Š., ŠRŮTEK, M., VALACHOVIČ, M., PETŘÍK, P., ALTMAN, J., BARTOŠ, M., SONG, J. S. (2013): *Environmental correlates of plant diversity in Korean temperate forests*. Acta Oecologica 47, s. 37 – 45

- DEMEK, J. a kolektiv (1965): *Geomorfologie českých zemí*. Nakladatelství ČSAV Praha, 336 s.
- DEMEK, J., QUITT, E., RAUŠER, J. (1976): *Úvod do obecné fyzické geografie*. Academia, Praha, 404 s.
- DUPRÉ, C., WESSBERG, C., DIEKMANN, M. (2002): *Species richness in deciduous forests: Effects of species pools and environmental variables*. Journal of Vegetation Sciences, 13, s. 505 - 516
- EVERSON, D., A., BOUCHER, D., H. (1998): *Tree species-richness and topographic complexity along the riparian edge of the Potomac River*. Forest Ecology and Management 109, s. 305 - 314
- FANG, H., BAIPING, Z., YONGHUI, Y., YUNHAI, Z., YU, P. (2001): *Mass Elevation Effect and Its contribution to the altitude of snowline in the Tibetan Plateau and surrounding areas*. Arctic, Antarctic and Alpine Research, 43(2), s. 207 – 212
- FISHER, M.A., FULÉ, P.Z. (2004): *Changes in forest vegetation and arbuscular mycorrhizae along a steep elevation gradient in Arizona*. For. Ecol. Manage. 200, 293–311.
- FLENLEY, J. (2007): *Ultraviolet insolation and the tropical rainforest: altitudinal variations, Quaternary and Recent change, extinctions, and biodiversity*. In: Flenley, J. R., and Bush, M. B. (eds.), Tropical Rainforest Responses to Climatic Change. Chichester, U.K.: Springer/Praxis Publishing, 219–235.
- FRIEDL, K. a KÁRNÍK, Z. (1986): *Přírodou a památkami středních Čech*. Praha, 176 s.
- GEIGER, R. (1957): *The climate near the ground*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 494 s.
- HÄRTEL, H. (2007): *Sandstone Landscapes*. Academia, Praha, 493 s.
- HUSOVÁ, M. (1990): *Smíšené jedliny Křivoklátska*. In: Rivola, M. et al., Současný stav a cíle botanického výzkumu CHKO Křivoklátsko. Praha, s. 108 – 114
- CHYTRÝ, M., TICHÝ, L., ROLEČEK, J. (2003): *Local and regional patterns of species richness in central european vegetation types along the pH/calcium gradient*. Folia Geobotanica 38, s. 429 - 442

- CHYTRÝ, M., DANIHELKA, J., ERMAKOV, N., HÁJEK, M., HÁJKOVÁ, P., KOČÍ, M., KUBEŠOVÁ, S., LUSTYK, P., OTÝPKOVÁ, Z., POPOV, D., ROLEČEK, J., ŘEZNÍČKOVÁ, M., ŠMARDA, P., VALACHOVIČ, M. (2007): *Plant species richness in continental southern Siberia: effects of pH and climate in the context of the species pool hypothesis*. *Global Ecology and Biogeography*, 16, s. 668 – 678
- JAČKOVÁ, K (2007): *Hodnocení vlivu diverzity abiotických podmínek na diverzitu biotopů v NP Šumava a CHKO Křivoklátsko*. Diplomová práce, PřF UK, Praha, 69 s.
- JENÍK, J. (1961): *Alpínská vegetace Krkonoš, Kralického Sněžníku a Hrubého Jeseníku*. Praha, 412 s.
- JENÍK, J. (1970): *Obecná geobotanika: úvod do nauky o rostlinstvu*. SPN, Praha, 302 s.
- JENÍK, J., SLAVÍKOVÁ, J. (1964): *Střední Vltava a její přehradny z hlediska geobotanického*. In: Jeník et al. (1964): *Vegetační problémy při budování vodních děl*. Praha, ČSAV, 258 s.
- KADLUS, Z (1967): *Vrcholový jev v orlických horách – Opera Corcont*. Praha, 4: 55 – 77
- KOLBEK, J. (1985): *Málo známá rostlinná společenstva Chráněné krajinné oblasti Křivoklátsko*. *Preslia*, Praha, 57 : 151 - 169
- KOLBEK, J., HROUDOVÁ, Z., HROUDA, L. (1980): *Vegetační poměry vrchu Baba u Křivoklátska*. – *Studie ČSAV*, Praha, no. 1:131-176
- KOLBEK, J., BLATKOVÁ, D., HUSOVÁ, M., MORAVEC, J., NEUHÄUSELOVÁ, Z., & SÁDLO, J. (1997). *Potential natural vegetation of the Biosphere Reserve Křivoklátsko*. Academia, Praha, 234 s.
- KOVÁŘ, P. (2002): *Geobotanika: úvod do ekologické botaniky*. Karolinum, Praha, 104 s.
- KUBÍKOVÁ, J. (1997): *Vegetace a flora prehistorického keltského opida ve středních Čechách*. – *Muz. Souč., Ser. Natur., Roztoky*, 11: 21-30
- KUČERA, T. (1997): *Vliv reliéfu na diverzitu vegetace*. 128 s. (Disertační práce, depon. in: Knihovna katedry botaniky Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy v Praze

- LAUGHIN, D., C., ABELLA, S., R. (2007): *Abiotic and biotic factors explain independent gradients of plant community composition in ponderosa pine forests*. Ecological Modelling 205, s. 231–240
- LOŽEK, V. (1983): *Současný stav přírodního prostředí Křivoklátska podle výpovědi malakofauny*. Bohemia Centralis, Praha, 12, 232 s.
- LOŽEK, V. (1988): *Říční fenomén a přehradý*. Vesmír 67, s. 318-326
- LOŽEK, V. (2005): *Střední Čechy, Chráněná území ČR*. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha, 902 s.
- LOŽEK, V. (2011): *Zrcadlo minulosti: Česká a slovenská krajina v kvartéru*. Dokořán, Praha, 198 s.
- MORAVEC, J. (1990): *Bučiny CHKO Křivoklátsko*. In: Rivola, M. et al., *Současný stav a cíle botanického výzkumu CHKO Křivoklátsko*. Praha, s. 78 – 85
- MORAVEC, J. et al. (1994): *Fytcenologie*. Academia, Praha, 403 s.
- NEÜHASLOVÁ, Z. (1990): *Stav výzkumu hygrolilních listnatých lesů a některých společenstev doubrav v CHKO Křivoklátsko*. In: Rivola, M. et al., *Současný stav a cíle botanického výzkumu CHKO Křivoklátsko*. Praha, s. 66 - 74
- NICHOLS, W. F., KILLINGBECK K. T., AUGUST, P. V. (1998): *The Influence of Geomorphological Heterogeneity on Biodiversity. II. A Landscape Perspective*. Conservation Biology. Volume 12, No. 2, s. 371 – 379
- OSLADILOVÁ, K. (1992): *Flóra severomoravských hadců*. Diplomová práce, PřF UK v Praze, 106 s.
- PÄRTEL, M. (2002): *Local plant diversity patterns and evolutionary history at regional scale*. Ecology 83, s. 2361 - 2366
- PÄRTEL, M., HELM, A., INGERPUU, N., REIER, Ü., TUVI, E., L. (2004): *Conservation of northern European plant diversity: the correspondence with soil pH*. Biological conservation 120, s. 525 - 531
- PŘIBYL, J., LOŽEK, V., KUČERA, B. (1992): *Základy karsologie a speleologie*. Praha 356 s.
- QUITT, E. (1971): *Klimatické oblasti Československa*. Brno, Geografický ústav ČSAV, 82 s.

- SÁDLO, J., KOLBEK, J. (1994): *Náčrt nelesní vegetace sutí kolinního až montánního stupně České republiky*. Preslia, Praha, 66: 217 – 236 s.
- SCHUSTER, B., DIEKMANN, M. (2005): *Species richness and environmental correlates in deciduous forests of Northwest Germany*. Forest Ecol. Manage, 206, 197 - 206.
- SLAVÍKOVÁ, J. (1981): *Differentiation of biomass production on the conic hill Oblík in the České středohoří Mountains*. Praslina, Praha 53: 33-44 s.
- SLAVÍKOVÁ, J. et al. (1983): *Ecological and vegetational differentiation of a solitary conic hill (Oblík in České středohoří Mountains)*. Vegetace ČSSR, Praha, A13: 1-224 s.
- SLAVÍKOVÁ, J. (1986): *Ekologie rostlin*. SPN, Praha, 366 s.
- SOFRON, J. (1985): *Vrcholový fenomén hory Můstek na Šumavě*. – Zpr. Muz. Západočeského kraje, Přír. Plzeň, 30-31: 19-31
- SÝKORA, L. (1959): *Rostliny v geologickém výzkumu*. ČSAV, Praha, 322 s.
- TOMÁŠEK, M. (1995): *Atlas půd České republiky*. ČGÚ, Praha, 36 s.
- TOWNSEND, C. R., BEGON, M., HARPER, J. L. (2010): *Základy ekologie*. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, 505 s.
- VALÍN, F. (1991): *Geologická mapa ČR, měřítko 1:50 000*, Praha. Český geologický ústav
- VALTR, V. (2011): *Zhodnocení vztahu diverzity rostlin a diverzity abiotických podmínek v CHKO Křivoklátsko*. Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova, 44 s.
- VITÁSEK, F. (1966): *Základy fyzického zeměpisu*. Praha, 532 s.
- VÍTEK, J. (2011): *Opukový fenomén*. Vesmír 90, 2011/12, s. 704 – 707
- WHITTAKER, R.H., (1960): *Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California*. Ecol. Monogr. 30, 279–338.
- ZELENÝ, D. (2008): *Patterns of vegetation diversity in deep river valleys of the Bohemian Massif*. Faculty of Science, Masaryk University, Brno

elektronické zdroje:

AOPK: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, dostupné z <http://www.ochranaprirody.cz> [cit. 17.4.2013]

IDS: Information and data system, dostupné z <http://www.infodatasys.cz> [cit. 18.12.2012]

MZP: Ministerstvo životního prostředí ČR, dostupné z: <http://www.mzp.cz> [cit. 12.11.2012]

Národní geoportál INSPIRE: <http://geoportal.gov.cz> [cit. 10.4.2013]

PŘÍLOHY

Příloha 1: Kategorie geologického podloží v CHKO Křivoklátsko podle Jačkové (2007)

Kategorie	Hornina (kategorie dle geologické mapy)
1	porfyr žulový; porfyr granodioritový; ryolit
2	dacit; ryodacit
3	granit
4	pouze v NP Šumava
5	andezit; bazalt; bazalt, andezitobazalt, tufy; pyroklastika; tuf
6	břidlice; břidlice černá; břidlice fylitická
7	černá břidlice, Fe ruda; rudy, obzory
8	droba, pískovec, prachovec, břidlice; břidlice, droba; kvarcit, pararula; pískovec, droba, břidlice
9	prachovec, břidlice, droba; pískovec, konglomerát, silicit, křemenec, silicit
10	brekcie, konglomerát, pískovec arkózový, arkóza, aleuropelit, jílovec, uhelná sloj
11	pouze v NP Šumava
12	pouze v NP Šumava
13	hlína, písek, štěrk (g. fluviální); písek, štěrk (g. fluviální); sediment smíšený (g. fluviální)
14	štěrk, hlína (g. deluviální)
15	pouze v NP Šumava