

Hodnocení vlivu umělého osvětlení sjezdovky Protěž na Černé hoře.

Objednatel: Správa KRNAP
Odbor ochrany přírody
Dobrovského 3
543 11 Vrchlabí

Zpracovali: Ing. Josef Krause

RNDr. Jan Hollan

Ing. arch. Jitka Brychtová

Datum: 17.1. 2005

Obsah:

1	Krajinný ráz.....	2
1.1	Charakteristika lokality	2
1.2	Prostorové vztahy	2
1.3	Charakteristika navrhovaného osvětlení sjezdovky Protěž.....	4
1.4	Vliv navrhovaného osvětlení sjezdovky Protěž na krajinu	4
1.5	Závěr.....	5
2	Změny množství světla v přírodním prostředí	7
2.1	Vyjadřování množství světla	7
2.2	Analýza ideálního případu	9
2.2.1	Minimální možné emise	9
2.2.2	Imise – osvětlení okolní krajiny	9
2.2.3	Imise za stavu, kdy les není černý	10
2.2.4	Světelné poměry za jiné oblačnosti	11
2.2.5	Situace za bezoblačného počasí	11
2.2.6	Shrnutí ideálního případu	12
2.3	Realističtější případ	12
2.4	Závěry ohledně množství světla	13
2.5	Alternativy.....	14
	Příloha: některé hodnoty zjištěné v terénu	15

1 Krajinný ráz

1.1 Charakteristika lokality

Posuzované území leží při jižním okraji Krkonošského národního parku, v jeho 3. zóně, částí přesahuje do ochranného pásma. Černá hora je součástí největší a nejmohutnější krkonošské rozsochy, tvořené převážně krkonošskými ortorulami. Výrazný masív Černé hory (1299,4 m n.m.) spolu se Světlou (1244,4) prostorově oddělují hluboké údolí Úpy na východě a členitější a výškově nižší krajinu s údolím toku Čisté a Kotelského potoka (Černý Důl, Lánov) na západě. Vzhledem ke své výšce, velikosti a poloze Černá hora výrazně vystupuje nad nižší krajinu krkonošského podhůří a je významnou přírodní dominantou široké krajinné oblasti. Charakteristickou a jedinečnou siluetu vytváří zejména při pohledech ze západu, výrazně působí spolu s horou Světlá při pohledech z jihu. Černá hora je od Světlé oddělena mělkým sedlem s lesním rašeliništěm, prameništěm Černohorského potoka (Černohorské rašeliniště – I. a II. zóna národního parku).

Svahy Černé hory pokrývá lesní porost, převažující dřevinou je smrk. V rámci lesního porostu jsou luční enklávy s jednotlivými horskými penziony – krkonošskými boudami. Sjezdové trati, kabinová lanová dráha a vleky se nacházejí na jihovýchodním svahu Černé hory. Na vrcholu je umístěn televizní vysílač, který je technickou dominantou.

Při jižním úpatí Černé hory v ochranném pásmu národního parku, v hlubokém údolí Janského potoka je situováno lázeňské městečko Janské Lázně se secesní kolonádou a hodnotnými stavbami konce 19. stol.

1.2 Prostorové vztahy

- **mohutný masív Černé hory spolu se Světlou je nejvýraznější přírodní dominantou široké krajinné oblasti téměř celých východních Čech.** Výrazně vystupuje nad již podstatně nižší kopcovitou krajinu podhůří. Výrazně se uplatňuje v dálkových pohledech v širokém pásmu – od Vrchlaví, Martinic, Studence, Horek až po údolí Úpy. K bližším místům výhledů, odkud působí výrazně i svah se sjezdovou tratí, náleží svahy nad Hertvíkovicemi (vrch Havran), také přímo z údolí Úpy se otvírá pohled přímo na jihovýchodní svahy hory.
- k pohledově exponovaným patří zejména západní až jihovýchodní část zalesněných svahů
- silueta Černé hory, při pohledu od jihu pak společně se Světlou, patří z krajinářského pohledu k nezaměnitelným a jedinečným
- cca 2km od sjezdové trati Protěž s uvažovaným osvětlením leží Černohorské rašeliniště – I. a II. zóna NP, typ krajiny přírodní
- uvažované místo se sjezdovou tratí je v rámci zpracované studie Hodnocení krajinného rázu KRNAP a jeho ochranného pásma zařazeno do pásma krajiny přírodě blízké (lesní komplexy s lučními enklávami).

TABULKA č. 1

KRAJINNÝ PROSTOR ČERNÁ HORA – SVĚTLÁ

Identifikace charakteru území z hlediska krajinného rázu					
1/ Přírodní charakteristiky:	Modelace terénu:	krkonošská rozsocha s Černou horou výrazná Černá hora a navazující hora Světlá, vzájemně oddělené mělkým sedlem	I. I. I. I. I.	+	
	Vodní toky:	pramenná oblast Černoohorského potoka Černoohorský potok – tok horského charakteru	I. I.	+	
	Vegetace:	komplex lesů Černoohorské rašeliniště – I. a II. zóna KRNAP luční enklávy	I. I. II.	+	
	2/ Kulturní, historické A techn. charakteristiky:	Osídlení:	charakter rozptýlené zástavby v rámci enkláv struktura a zástavba lázeňského města Janské Lázně	II. II.	+
		Objekty:	lázeňské město s objektem kolonády a hodnotnými lázeňskými objekty	II.	+
lanovka, vleky, sjezdové trati			II.	-	
* (hodnocení z hlediska krajinného rázu) televizní vysílač			II.	0	

Identifikace charakteru území z hlediska krajinného rázu		
Prostorové vztahy		
Prostorové vymezení KP	Jev	Přítomnost jevu
	- výrazným terénním horizontem	+
	- několika horizonty ve více prostorových plánech	
	- jednoduchou horizontální linií	+
	- jednotlivými vrchy	+
Prostorové vazby KP k sousedním KP, KC	- výrazně prostorově uzavřený	
	- otevřený jedním, dvěma směry	
	- více otevřený, dálkové pohledy	+
	- výrazné vazby se sousedícími KP případně KC, daleké výhledy	+
	- výrazné dominanty přírodního, kulturního (technického) charakteru	+ / +

Vysvětlivky: význam charakteristik - I. zásadní, II. určující, III. významné

pozitivní a negativní projevy složek: + / -

Identifikace charakteru území z hlediska krajinného rázu		
Celkové hodnocení		
Kriteria	Jev	Přítomnost jevu
Vyváženost prostorových vztahů	- převažující přírodě blízké prostředí	+
	- dominantní působení vně KP (přírodní charakter)	+
	- harmonický vztah kulturních prvků a přírodního prostředí	částečně
	- soulad hospodářské činnosti a přírodního prostředí	
Měřítko krajiny	a) denní osvětlení	
	- základní matricí je lesní krajina s enklávami luk a rozptýlenou zástavbou	+
	- kontrast odlesněných ploch sjezdovek a vleků v rámci lesních komplexů	+
	b) noční přirozené světlo	
	- základní matricí tmavá krajina s prokreslením siluet tvarů hor, jemným rozhraním krajinných složek a prvků a drobným umělým osvětlením rozptýlené zástavby a umělým osvětlením lázeňského města	+
Estetická hodnota	- výrazné prostorové působení v interiéru / vně KP	/ +
	- nezaměnitelné siluety, linie	+
	- výrazná prostorová skladba přírodních prvků a složek	+
	- působení skladby přírodních a kulturních (i tech.) prvků	+ -
	- jedinečné krajinné prvky, složky	+
	- převažující přírodě blízký charakter scenérie – denní / noční	+

1.3 Charakteristika navrhovaného osvětlení sjezdovky Protěž

Pro sjezdovou dráhu Protěž je navrženo osvětlení III (místní soutěže) s hodnotou průměrné osvětlenosti $E_{av} = 20lx$. Jsou navržena svítidla s clonící mřížkou nastavenou podle konfigurace terénu. Pro upevnění svítidel jsou navrženy ocelové, přírubové stožáry výšky 14 m s výložníkem pro upevnění svítidel. Na každém sloupu bude umístěno jedno svítidlo. Celkový počet stožárů na sjezdovce je 38, průměrně jsou od sebe vzdáleny 37 m (délka nasvícené sjezdovky cca 1,4km). Stožáry budou upevněny přírubou k podzemní patce z betonu rozměrů 1, 45 x 1, 45 x 1,20m.

1.4 Vliv navrhovaného osvětlení sjezdovky Protěž na krajinu

Dokumentace řeší minimalizaci vyzařování světla, předkládá návrh technických opatření omezujících svícení nežádoucími směry, tedy i rušivé oslnění způsobené přímou viditelností světelného zdroje. Je navržena instalace doplňujících clonících prvků na svítidle (horizontální lamely s individuálním naklápěním, vnitřní lamely před hořákem výbojky, doplňující třístranné clony). Navrhované řešení jistě představuje kvalitativní posun v řešení osvětlení sjezdových tratí a pokud jde o geometrii osvětlení, mohlo by být dobrým příkladem i pro nápravu dnešních instalací již osvětlených tratí.

Nicméně navrhovaná intenzita osvětlení Protěže by se odlišovala od běžného umělého osvětlení zástavby a komunikací, výrazně by je svojí intenzitou a rozsahem přesahovala. Je třeba zmínit např. tyto problémy:

- rovnoměrnost a intenzita nasvětlení způsobuje, že vnímáme celý nasvětlený prostor jako jeden výrazný celek, svými rozměry daleko přesahující běžně osvětlené předměty v krajině, působí jako megabilboard, jako hlavní dominanta krajiny
- vlastní nasvětlení vytváří v noční krajině ostré předěly, výrazně vyčleňuje z tmavé krajiny osvětlenou část, potlačuje vjem jemných obrysových kontur v rámci noční scenerie
- ostré bílé světlo potlačí vjem běžně osvětlené noční krajiny, bude poutat pozornost, svým rozsahem, intenzitou a barvou zcela potlačí vjem typického rázu noční horské krajiny s jemnými siluetami hřebenů a vrchů, drobnými světly jednotlivých objektů rozptýlených ve svahu
- přesvětlení daného prostoru budeme vnímat nejen při čelním pohledu, ale také z bočních či pohledů z opačné strany hory, kdy za tmavou siluetou hory bude vystupovat nepřírozeně osvětlená část noční oblohy či krajinné scény.
- výrazně by byly osvětleny JV svahy Černé hory a především by se změnily světelné podmínky v blízké I. a II. zóně NP, tedy v přírodním prostředí.
- celkově by se zvětšila již tak velmi vysoká hladina osvětlení prostoru národního parku a jeho ochranného pásma.
- vzhledem k dominantnímu postavení Černé hory v rámci široké krajinné oblasti, exponovanosti jižního a jihovýchodního svahu a vzhledem k délce a umístění sjezdové trati Protěž bude navrhované osvětlení a odraz světla ovlivňovat širokou oblast (lze předpokládat ovlivnění vnímání typického charakteru noční scenerie v segmentu od Kozákovského hřbetu, Martinic, Studence v západní části podhůří až po oblast Rýchor a vzhledem k odrazu světla a osvětlení noční oblohy pravděpodobně až území Pěnkavčího vrchu.

1.5 Závěr

A/ Svítidla včetně clonících prvků pomáhají řešit směrování světla, rovnoměrnost jeho rozložení na ploše sjezdové trati, zabraňují negativně působícímu oslňování. Mohou být dobrým řešením i pro zlepšení situace v ostatních, již nasvětlených areálech.

B/ **Je nutné snížit intenzitu osvětlení**, která je v rámci národního parku a jeho ochranného pásma nevyhovující a zvýšila by již tak velmi vysoké hodnoty světelného znečištění, které již v současnosti dosahují hodnot městské krajiny a ne krajiny přírodní a přírodě blízké.

TABULKA č.2

Vyhodnocení vlivu záměru na krajinný ráz			
1/ Přírodní charakteristiky:	A/ den	B/ noc (18 – 21.45)	Poznámky
- modelace terénu	- +	+++	A/ výkopové práce
- pramenná oblast Černohorského potoka, I. a II. zóna KRNP	-	++	B/ předpokládaný vliv na biotu
- Černohorský potok	-	+	
- lesní porosty	-	+	
- nepřirozené osvětlení ovzduší, ztráta nočního nebe		+++	
2/ Kulturní charakteristiky:			
- charakter rozptýlené zástavby	-	++	
- struktura a charakter zástavby lázeňského městečka	-	++	B/ specifický klidový charakter
3/ Estetické hodnoty			
- dominantní působení Černé hory vně KP	-	+++	
- harmonický vztah kulturních prvků a přírodního prostředí	-	+++	
- měřítko krajiny	-	+++	
- převažující přírodní charakter scenérie	- +	+++	
- působení skladby přírodních a kulturních prvků	- +	+++	
- vliv na prostorovou skladbu prvků	-	+++	
- vliv na nezaměnitelnou siluetu, tvar	-	+++	
- vliv na světlost oblohy, ztráta jejího typického charakteru	-	+++	
4/ Celkové vyhodnocení vlivu osvětlení			
- přírodní charakteristiky	-	++ až +++	nutno podrobně vyhodnotit vliv na biotu
- kulturní charakteristiky	-	++	
- estetické hodnoty	-	+++	

Poznámky:

A/ Pro denní osvětlení byl hodnocen vliv osvětlovacích stožárů, výkopových prací

B/ Noc - vliv navrženého osvětlení, odrazu světla

- + slabý vliv

++ středně silný vliv

+++ silný vliv

2 Změny množství světla v přírodním prostředí

Rozhodně je na místě pochválit snahu předkladatelů výrazně omezit svícení jinými směry než na plochu samotné sjezdovky. Nakolik by to světlomety se zmiňovanými úpravami dokázaly, je zatím nejisté, ale případným dostatečným zvětšením jejich vnější přídavné clony by osvětlovací soustavu bylo možno dovést do stavu geometricky v zásadě vyhovujícího – kdy by neposílala žádné přímé světlo mimo samotnou sjezdovku.

Vážným problémem by ale i pak zůstávalo světlo, které dle projektu má dopadat na sjezdovku. Sjezdovka je totiž bílá, a naprostou většinu světla rozptýlí směrem vzhůru. Slovo „bílá“ lze precizovat – čerstvý sníh vrátí zpět nahoru přes 90 procent světla, u starého uměle vyrobeného sněhu je to přes 80 %, jak prokazuje naše měření ze sjezdovky Javor (hodnoty se tam pohybovaly od 83 % do 86 %).

Onen problém se týká množství světla. Množství světla je relevantní jak pokud jde o pohledy na Černou horu a Krkonoše, při kterých je sjezdovka vidět, tak pokud jde o světlo, které se cestou od osvětleného sněhu nahoru rozptýlí v ovzduší směrem zpět k zemi.

2.1 Vyjadřování množství světla

Protože se budeme zabývat množstvím světla, tedy kvantitativními údaji, rekapitulujme nejprve ve stručnosti, jaké veličiny a jednotky se k tomu používají. *Odborníci necht' tuto část laskavě přeskočí.*

Nejužívanější jednotkou, se kterou se setkal každý, je **lux** (značka lx). Vyjadřuje, jak mnoho světla dopadá na jednotku nějaké konkrétní plochy, aneb veličinu zvanou **osvětlenost** nebo **intenzita osvětlení** (ve starších textech se veličině říká přímo jen osvětlení, stejné slovo se ale v běžném jazyce používá i v jiných než přísně fyzikálních významech).

Nejužitečnější jednotkou je ale **lumen** (lm), který vyjadřuje právě ono *jak mnoho světla*, odborně se tato veličina jmenuje **světelný tok**.

Častěji nás zajímá, *jak silný je proud světla z nějakého zdroje v místě, kde se nacházíme*, např. jak moc se projevuje vzdálená výbojka. To vyjádříme jednotkou **lumen na metr čtvereční**, příslušná veličina se jmenuje **hustota světelného toku**. Je to skoro totéž, jako intenzita osvětlení – ba úplně totéž, pokud bychom nějakou plochu nastavili právě směrem, odkud světlo přichází. **Lux je totiž lumen na metr čtvereční**. Když ale na nějakou plochu dopadá světlo šikmo, tak i při stejném „silném proudu“ bude osvětlená méně. *Je-li hustota světelného toku 1 lm/m^2 a světlo dopadá pod úhlem skloněným o šedesát stupňů* od kolmice (aneb jen třicet stupňů od směru podél plochy), je osvětlenost plochy jen *půl luxu* (to souvisí s tím, že kosinus šedesáti stupňů je jedna polovina), světlo se rozloží na dvakrát větší oblast než při dopadu kolmém. Mluvíme-li o konkrétním zdroji, můžeme místo dlouhého „hustota světelného toku od tamté výbojky“ říkat stručněji „**jasnost** výbojky“ (to sice není veličina SI, ale v astronomii se používá, protože je velmi užitečná; definice byla publikována v roce 1992, viz http://astro.sci.muni.cz/pub/hollan/a_papers/si_fot/si_fot.pdf; v technické praxi se sice vyskytuje i jiný význam tohoto slova, ten ale definován není a je dost mlhavý).

Jak moc svítí nějaký zdroj do určitého směru, to se vyjadřuje jednotkou **kandela** (cd), či veličinou **svítivost**. To je základní jednotka SI, a jak název napovídá, je původně odvozena od toho, jak moc svítí svíčka. Běžné svíčky (ne tenké dortové) skutečně mají ve vodorovném

směru svítivost právě jednu kandelu (díváme-li se na svíčku rovnou dolů, je plamen napohled kratší, tomu odpovídá trochu nižší svítivost svíčky svise nahoru).

Zbývá dát do souvislosti onu kandelu a lumen – to je vlastně jediná složitost ve fotometrii. Vyhneme se záměrně definici (v níž se používá tajemná jednotka steradián) a uvedeme příklad. Držíme-li svíčku metr ode zdi, pak na jeden metr čtvereční zdi, který je nejbliž ke svíčce, dopadá ze svíčky světelný tok zhruba jednoho lumenu. Odborněji řečeno, hustota světelného toku jeden *metr od svíčky je tedy 1 lm/m²*. Jsme-li od svíčky deset metrů, je její jasnost už jen 0,01 lm/m², čili stokrát menší. „Světla ubývá se čtvercem vzdálenosti“ – jasnost vzdáleného („na pohled malého“) zdroje je rovna jeho svítivosti dělené druhou mocninou jeho vzdálenosti (pokud se neuplatní rozptyl světla, tedy např. není mlha).

Zdroj, který svítí všemi směry stejně, např. žárovka (pokud pomineme její patici, která samozřejmě stíní), má svítivost zhruba třináctkrát (4 pí krát) menší než je celkový světelný tok, který z něj odchází. Např. nová stowattová žárovka vydává asi osmnáct set lumenů a má tedy svítivost asi sto čtyřicet kandel. Pokud by visela dvanáct metrů vysoko, zem pod ní by byla osvětlená jedním luxem.

Většina zdrojů, hlavně osvětlených ploch, svítí různými směry různě silně. Např. z listu papíru ležícího na stole, nebo z jednoho čtverečního metru sněhu, jde nejvíc světla „rovnou od nich“, když se na ně díváme stále více z boku, jsou na pohled stále užší. V nejjednodušším případě jsou pořád „stejně světlé“ a jejich svítivost je pak úměrná kosinu úhlu, pod kterým je pozorujeme (konstantou úměrnosti je celkový světelný tok, který vydávají, dělený třemi, či přesně jedním pí).

Oči ale vnímají nejvíce kvantitu jinou, totiž „jak moc světla odkud jde“. Příslušná veličina se jmenuje **jas** a její jednotkou je **kandela na metr čtvereční**, nazývaná také **nit** (čteno nyt, značka nt). **Jas sněhu osvětleného jedním luxem je asi 0,3 nt**. Jas asfaltové cesty by byl jen dvě až čtyři setiny nitu (pokud na ni nehledíme tak, že se v ní vzdálený zdroj leskne).

Zdroj, který má při pozorování z kteréhokoliv směru stejný jas, se nazývá „dokonale rozptylující“, „lambertovský“ nebo „kosínový“. Takový je zhruba papír, ještě lépe to splňuje sníh, platí to i pro mraky. Odchytky od této vlastnosti se projeví tak, že se v dané ploše poněkud leskne (ač ne zcela zrcadlově, není-li hladká) např. Slunce. V čerstvém sněhu se Slunce neleskne, jen v jednotlivých vločkách, tlusté mraky rozptylují ještě dokonaleji.

Celá osvětlovací věda a technika se snaží docílit právě vhodných jasů. Pro oči je nepříjemné, když se v rámci jejich zorného pole vyskytuje poměr jasů vyšší než jedna ku deseti. Ojedinelá místa s vysokými jasy, odraz slunce na hladině, či slunce nízko na nebi, v noci pak lampy, bývají nepříjemná, unavují zrak, můžeme kvůli nim hůř vidět, zkrátka oslňují. V příjemném prostředí se oslňování snažíme vyhnout, takové prostředí je i bezpečnější.

To, že se nity používají zatím méně než luxy, je pouze tím, že dřív nebylo snadné jasy měřit. Přesto to někdy snadné bývalo: obrátíme-li čidlo luxmetru dolů k zasněžené pláni, pak jeho údaj znamená jas sněhu, a téměř (až na to, že sníh zhruba desetinu světla pohltí) i intenzitu osvětlení sněhu (jen musíme čidlo držet tak, aby náš stín šel na opačnou stranu). Dnes lze jasy velmi přesně měřit pomocí digitálních vědeckých kamer, ale i běžnými digitálními fotoaparáty. To je dobře, protože ve skutečnosti jsou „ty nity“ mnohem důležitější. Na sníh stačí svítit mnohem méně než na asfalt...

2.2 Analýza ideálního případu

Začněme rozborem nejmenších možných vlivů navrhovaného osvětlení. Tedy situací, kdy by se do okolí šířilo pouze záření ze sjezdovky, osvětlené navrhovanou intenzitou dvaceti luxů.

2.2.1 Minimální možné emise

V případě Protěže je sjezdovka ohraničená lesem, který část rozptýleného světla pohltí. V krajním případě by lesní okraje mohly pohltit až o čtyři desetiny sněhem rozptýleného světla – to tehdy, kdyby výška lesa byla polovinou šířky sjezdovky a že les by byl „černý“, neprůsvitný, bez zasněžených korun či námrazy. V horní, širší části sjezdovky má ale okolní porost výšku spíše jen čtvrtinovou, pohlcování čtyř desetin světla by mohlo nastat leda v dolní, užší části. Přesto, připusťme pro jednoduchost, že se by tak velké pohlcování uplatnilo, a že sám sníh pohltí celých dvacet procent dopadajícího světla. Z dopadlého světla se pak dostane vzhůru do ovzduší jen osm desetin krát šest desetin, tedy jedna polovina.

Ze sjezdovky tak odejde směrem nad porost alespoň polovina světla, které na sníh dopadá.

Uvažujme délku osvětlené části sjezdovky 1400 m a šířku 30 m, tedy osvětlovanou plochu o velikosti 42 000 m². Pokud by průměrná intenzita osvětlení byla oněch dvacet luxů (projekt uvádí o něco více, 23 lx, ale tento rozdíl zanedbejme), tedy dvacet lumenů na metr čtvereční záměrně osvětlovaného sněhového povrchu, pak *celkové množství světla dopadajícího na osvětlovanou část sjezdovky je 840 000 lumenů*. Do ovzduší nad svah Černé hory pak odejde přinejmenším 400 000 lumenů. Zůstaňme u tohoto *nejnižšího možného odhadu emisí 0,4 Mlm* (čtyři desetiny megalumenu).

Takové emise do ovzduší má v době, kdy neleží všude sníh, město se třemi tisíci obyvatel (emise svítidel a osvětlených ploch vzhůru do ovzduší nad osvětlovanou oblastí jsou v malých sídlech asi sto třicet lumenů na osobu, viz závěrečná zpráva projektu Mapování světelného znečištění..., <http://amper.ped.muni.cz/noc>, část České světelné emise ze satelitních dat).

Přítomnost tak velkého nového zdroje na úbočí Černé hory, v těsné blízkosti první zóny národního parku (Černohorské rašeliniště) by znamenala opravdu velkou změnu večerního zimního prostředí v rozsáhlé oblasti.

2.2.2 Emise – osvětlení okolní krajiny

Největší změna světelných poměrů v okolní krajině by nastala, pokud by bylo zataženo. Spočítejme, jak byla velká.

Při tlusté vrstvě oblačnosti se základnou nad sjezdovkou se může ze světla emitovaného vzhůru *rozptýlit zpět dolů zcela běžně osm desetin světla přicházejícího zespodu* (někdy i devět desetin). To v našem konzervativním případě (vysoká a dokonale pohltivá hrana lesa) je tedy přes **0,3 Mlm** (asi třetinu megalumenu).

Spodní základna oblačnosti se chová zhruba jako zcela rozptylující zdroj, tj. má při pohledu ze všech směrů stejný jas. Svítivost takového plochého zdroje při pohledu z nějakého směru je rovna celkovému světelnému toku ze zdroje děleného pí (tedy 3,14) a násobeného kosínem úhlu, pod kterým plochý zdroj pozorujeme. Směrem svisle dolů by tak svítivost oblačné vrstvy dosahovala sto tisíc kandel (zhruba jako sedm set 100W žárovek), svítivost

do směru třicet stupňů pod horizont by byla poloviční („jen“ jako od spousty žárovek o úhrnném příkonu 35 kW).

Kolik světla by kde přibýlo v okolí sjezdovky, to záleží na výšce spodní základny oblačnosti. Vezměme jako příklad, že by byla v nadmořské výšce 2300 metrů, tehdy by byl asi dopad přidaného osvětlení svým způsobem největší. (Shodou okolností je to také situace, kterou jsme jeden večer sledovali a dokumentovali v terénu.)

Přidané osvětlení by se tehdy totiž zvláště moc projevilo v první zóně národního parku, kde nás to zajímá nejvíce, v tomto případě tedy zejména v oblasti Černohorského rašeliniště.

Okraj Černohorského rašeliniště je asi dva kilometry od sjezdovky a spodní základna takové oblačnosti by na něj tedy svítila pod úhlem asi třiceti stupňů, tedy se svítivostí asi padesáti tisíc kandel. Taková svítivost by ve vzdálenosti jednoho kilometru působila hustotu světelného toku pěti setin lumenu na metr čtvereční (padesát tisíc děleno tisícem na druhou). Rašeliniště je ale od oblačnosti nad sjezdovkou více než dvakrát dále, takže by hustota světelného toku na okraji rezervace dosahovala dle tohoto nejjednoduššího výpočtu asi **jedné setiny lumenu na metr čtvereční** (s uvažováním, že horní část sjezdovky je širší, vychází přesnějším výpočtem právě taková hodnota).

To je ale hodnota velmi vysoká. Osvětlenost vodorovného terénu je pak pět tisíc luxu, **pětkrát vyšší než za přírodní jasné noci** (obvyklá osvětlenost krajiny je tehdy jen tisícina luxu) **a stokrát vyšší, než by byla za v přírodních podmínkách za noci zatažené a bezměsíčné** (oblačnost ubere přírodního světla desetkrát až stokrát, čili přírodní intenzity osvětlení jsou tehdy jen desetina až setina mililuxu). Nejde tedy o „sotva znatelnou změnu“, ale o změnu radikální.

Tolik světla je v neznečištěné noční přírodě až při dorůstajícím Měsíci, v době dva dny před první čtvrtí.

2.2.3 Imise za stavu, kdy les není černý

Pohlcování světla ze sjezdovky okolní lesní stěnou se sníží, pokud bude les bílý, zasněžený nebo dokonce pokrytý námrazou (i s bílými kmeny). Emise ze sjezdovky by v takovém případě vzrostly o polovinu, na šest set tisíc lumenů (ony by půl miliónu lumenů dosahovaly i jindy, neb okolní les není tak vysoký a zcela černý).

Mnohem větší vliv by ale měla recyklace světla rozptýleného oblačnou vrstvou směrem dolů. Nezasněžený les je velmi pohltivý a jeho příspěvek jsme proto ve výše uvedeném výpočtu zanedbali. Ve skutečnosti může zpět vzhůru vracet také šest až osm desetin světla. Takovou situaci známe z měst, když napadne sníh – je v nich pak velmi světlo všude, i daleko od přímo osvětlovaných ulic. Světelný tok od oblačnosti dolů se v takovém případě „bílé krajiny“ snadno zdvojnásobí či ztrojnásobí.

Úhrn toku z oblačnosti osvětlené sjezdovkou pak může i v námi nyní analyzovaném ideálním případě (žádné světlo ze světlometů nemine sjezdovku) přesáhnout **jeden milión lumenů**. Při uvažované výšce spodní základny oblačnosti by to na okraji první zóny parku znamenalo tři setiny lumenu na metr čtvereční, pokud jde o hustotu šikmého světelného toku (či téměř dvě setiny luxu, pokud jde o intenzitu osvětlení vodorovných prostranství). To je již hodnota, kterou v přírodě poskytuje až **Měsíc v první čtvrti!**

2.2.4 Světelné poměry za jiné oblačnosti

Při zataženém počasí s výrazně vyšší spodní základnou oblačné vrstvy (např. ve čtyřech kilometrech nadmořské výšky) by množství světla dopadajícího na jižní okraj Černohorského rašeliniště vlivem osvětlení sjezdovky Protěž bylo trochu menší, třeba jen poloviční, i vzhledem k tomu, že taková oblačnost už bývá průsvitná. Oblačnost ve třech kilometrech by zato přidala světla na okraj severní.

Oblačná vrstva těsně nad horami, se základnou ve výšce 1300 m, by také do oblasti rašeliniště přinesla méně světla – o to více by jej ale bylo na jihovýchodním úbočí Černé hory. Tam by tehdy dosahovalo hodnot jako za úplňku (desetin luxu). Při základně oblačnosti těsně nad sjezdovkou by vliv na výše položené části Černé hory byl ještě menší, zato osvětlení sto metrů vedle sjezdovky by mohlo přesahovat jeden lux, zcela mimo rozsah hodnot, které nastávají v noční přírodě (až na momenty blízkých silných blesků).

Malý by byl vliv osvětlené sjezdovky jen v tom případě, že by byla sama ponořena v tlusté a husté vrstvě oblačnosti. Pak by přírodní poměry byly změněné jen do sta metrů kolem sjezdovky. Podobně by šíření světla do okolí bylo omezováno i hustým sněžením. To ale nejsou typické podmínky, za kterých se provozuje večerní lyžování.

Důležité je, že v naprosté většině oblačných situací by mraky měly vliv právě opačný než mají v přírodě: místo aby noc jejich působením byla mnohem tmavší, stávala by se ve velkém okolí sjezdovky mnohem světlejší.

2.2.5 Situace za bezoblačného počasí

Významným případem je ovšem i situace, kdy je jasno.

Kdyby vzduch byl zcela průhledný, pak by se projevilo jen světlo, které by přímo ze sjezdovky dopadalo na úpatí a podhůří Krkonoš.

Pokud jde o osvětlení, které by působilo, hustotu světelného toku přes jednu setinu lumenu na metr čtvereční by sjezdovka přinesla jen na protějším úbočí Janské hory, vzdáleném od středu sjezdovky dva kilometry. Nicméně i ve vzdálenosti šesti kilometrů od sjezdovky, na vrcholu Havran nad Hertvíkovicemi by světelný tok od viditelné horní části sjezdovky dosahoval hodnoty toku přírodního (tisíciny lumenu na metr čtvereční); nebýt světla z ostatních umělých zdrojů, vrhal by slabý stín. Pro srovnání, tolik světla dá svíčka vzdálená třicet metrů. Venuše je desetkrát slabší, Polárka na nás svítí dvoutisíckrát méně.

Vzduch ale zcela průhledný není, zpět na zem by se vracelo asi patnáct procent světla vyzářeného sjezdovkou šikmo vzhůru do ovzduší, aneb světelný tok zhruba šedesáti tisíc lumenů.

Ten by se projevil jako nápadně zvýšený jas oblohy. Do vzdálenosti dvou kilometrů by takto vzniklý umělý příspěvek k jasů nebe v zenitu byl vyšší než jas přírodní. To znamená, že by pohled na noční oblohu byl velmi ochuzený, např. by vinou osvětlené sjezdovky nebyla téměř patrná Mléčná dráha. Lidé přitom jezdí do hor (či jezdívali, a doufejme že zase budou jezdit) často též s očekáváním toho, že tam „konečně zase pěkně uvidí hvězdy“. Směrem na jihovýchod by tento vliv sahal dále, neviditelnost Mléčné dráhy by se vztahovala i na Dolní Maršov. Na hranici Černohorského rašeliniště by sice viditelnost Mléčné dráhy v zenitu znemožněna nebyla, nad jihem ale ano, a to by platilo i pro pohled z míst (bud a turistických cest) dále k severu. Světelný tok na rašeliniště by z jižního směru byl oproti přírodnímu alespoň zdvojnásoben.

Krása přírodního hvězdného nebe by tímto jediným zdrojem, i bez existence ostatních, byla poškozena i za jižní hranici ochranného pásma národního parku.

Při pohledu odtud by také přestala být Černá hora patrná coby majestátní temná silueta proti přírodní, světlejší (ale ne příliš světlé) obloze – vzduch mezi pozorovatelem a Černou horou by nebyl o mnoho tmavší než obloha nad hřebenem.

Za inverzních situací, když by sjezdovka byla v tenké oblačné vrstvě či v mlze sahající do výšky tisíce metrů, by vliv na noční prostředí nad inverzní vrstvou, tedy na Černé a Světlé hoře, byl podobný jako za vzduchu čirého. Výrazně by tam ale svítily případné cáry oblačnosti, která by táhly těsně nad sjezdovkou (podobný jev jsme odtud pozorovali v případě oblačnosti nad údolím Úpy, která rozptylovala světlo z tamní sjezdovky).

2.2.6 Shrnutí ideálního případu

Narušení přírodního prostředí osvětlenou sjezdovkou Protěž by bylo až na případ, kdy by byla schována v tlusté vrstvě oblačnosti, vždy velmi výrazné. Nešlo by přitom jen o malou změnu stavu již beztak velmi vzdáleného tomu přírodnímu (vinou mnohých dalších umělých zdrojů světla) ale o změnu nápadnou. Pro okolí dvou kilometrů by nový zdroj byl odevšud zcela dominantní (jen dále k severu by začalo být výraznější světlo od sjezdovky Javor). Jižně od Černé hory by dominance tohoto nového zdroje sahala desítky kilometrů daleko, přinejmenším coby světlé skvrny na jasné či zatažené obloze. Z míst, kde by sjezdovka byla přímo viditelná, by dokonce oslňovala a tvář Krkonoš tím zcela proměňovala.

2.3 Realističtější případ

Analyzovali jsme ideální případ, kdyby sjezdovka byla osvětlena dvaceti luxy a žádné jiné světlo by ze světlometů nikam nešlo.

Je málo nadějně, že světlo půjde ze světlometů výhradně na sjezdovku. V konkrétním případě to vyplývá z porovnání navrhovaného instalovaného výkonu 76 kW a světelného toku na sjezdovku (viz náš odhad 0,8 Mlm). Pokud by se svítilo bílými halogenidovými výbojkami, byl by světelný tok, který by vydávaly v prvních deseti letech provozu, mnohem vyšší. Při dnešní účinnosti silných výbojek přes sto lumenů na watt by šlo o osm miliónů lumenů, tedy o desetinásobek světla, které chce projekt poslat na sjezdovku.

Nelze rozhodně předpokládat, že se ze světlometů dostane jen desetina emitovaného světla, bude to zcela jistě více než jedna třetina (běžně jsou to alespoň dvě třetiny), i přes veškeré přídavné clonění. **Veškeré odhady učiněné v analýze ideálního případu je tak na místě přinejmenším ztrojnásobit – údaje o minimálních imisích (množství světla dopadajícího na okolní krajinu), které jsou uvedeny výše, jsou proto zřejmě třikrát podceněny.**

Jedna z příčin této nesrovnalosti mezi světelným tokem na sjezdovku a tokem vydávaným výbojkami může být (a asi je) ve způsobu výpočtu, jehož výsledky jsou uvedené v projektu. Běžně se totiž uvažuje případ na konci životnosti světelných zdrojů (výbojek, zářivek či žárovek) i světlometů (zkorodovaná zrcadla, špinavé sklo). Některé typy zdrojů ale jako nové vyzařují až dvakrát více – a ony by nové dlouho zůstaly, vzhledem k době svícení asi jen čtyř set hodin za rok (životnost výbojek je mnoho tisíc hodin). Podobně, nové světlometry jsou až o polovinu účinnější než zestárlé. V prvním desetiletí provozu by tak i dle samotného projektu, při naprosté důvěře v bezchybnost směřování světla, byly emise od

sjezdovky do ovzduší vždy alespoň dvojnásobné, tedy minimálně osm set tisíc lumenů. To je zhruba polovina toho, co dnes směrem vzhůru emituje celé Vrchlabí...

Druhá příčina může být v tom, že výpočet používal původní fotometrická data světlometů, bez přídatných clon, které světlo přesměrovávají výhradně do směrů užitečných. Upravené světlometry by na sjezdovku svítily více, takže by i po desetiletích dávaly hodně přes dvacet luxů.

Třetí příčina pak může být v tom, že autoři projektu přece jen počítají s tím, že nějaké světlo půjde i mimo sjezdovku. Zamezit tomu hodně důkladně mohou asi jen dodatečné, dost velké venkovní kryty. Podíl světla, které mine cílovou plochu (nulový nebude nikdy), by nicméně měl projekt přesně uvést. Je jasné, že to není snadná úloha, neb fotometrické vlastnosti jednotlivých individuálně upravených svítidel nejsou známy a netroufáme si o nich spekulovat. (Je nicméně možné je zjistit; kromě obvyklé drahé laboratorní cesty se nabízí digitální zobrazovací fotometrie na sněžové pláni, kdy jedním snímkem lze zjistit kompletní rozložení svítivosti reflektoru do celého poloprostoru.)

Jedinou možností jak potom zajistit, že ani na sjezdovku nepůjde více světla než tolik, kolik je uvedeno v projektu, je doplnit osvětlovací soustavu také zařízením pro spojitou regulaci světleného toku (takové technologie existují).

Posledním aspektem navrhovaného osvětlení Protěže je barva použitého světla. Je dost možné, že by byla zvolena světla bílá, obdobná těm, která jsou použita u jiných sjezdovek, tedy že by jako světlené zdroje byly použity halogenidové výbojky. Silná modrá složka takového světla ale má nesporně závažnější dopady jak na přírodu, tak i na vzhled krajiny a oblohy, ve srovnání s běžným veřejným osvětlením, kde se používají oranžové sodíkové výbojky. Lidský zrak je na modrou složku světla v oboru tzv. nočního, skotopického vidění citlivější. Takové světlo se také silněji rozptyluje v ovzduší. Živočichové si je snáze mohou zaměnit se světlem Měsíce (proměnnost chování a interakcí různých populací v závislosti na fázi Měsíce je známým faktem). Důvody pro zamítnutí projektu jsou tak rozhodně silnější, než vyplývá z analýzy případu ideálního.

2.4 Závěry ohledně množství světla

Osvětlení jakékoliv zasněžené plochy o velikosti desítek tisíc metrů čtverečních intenzitou dvaceti luxů znamená v blízkosti nejcennějších částí Krkonoš zcela nutně velké narušení přírodního stavu prostředí. Tak se projevují i dosavadní velké sjezdovky se srovnatelnou intenzitou osvětlení (i u nich dopadá většina světla ze světlometů na sjezdovku, ne do okolí). Jak Hromovka, tak i Javor jsou největšími zdroji znečištění nočního prostředí Krkonoš. Jejich vinou např. není na Liščí hoře, a pravděpodobně ani na Luční hoře, vidět Mléčná dráha – ta se objeví leda až po desáté (zlepšení, které nastane zhasnutím obou velkých sjezdovek je velmi nápadné).

Tak silné osvětlení jakékoliv další sjezdovky je pro Krkonoše nepřijatelné.

V případě Protěže k problému přidání dalšího světla do krkonošského nočního prostředí (dle počasí v různě široké oblasti a s různou intenzitou) přibývá problém pohledů ze širokého okolí v podhůří. Tato sjezdovka by se v nočním prostředí, pokud by nebyla zakryta mlhou, stala zásadní dominantou Krkonoš, a to i za úplňku. Sníh na ní by byl i tehdy osvětlen stokrát silněji, než jiné jižní krkonošské svahy, a byl by pro pohledy odjinud velmi oslňující. Nový bílý světelný zdroj by byl dobře patrný ze značné části východních Čech (tak, jako je odtud dnes patrná sama Černá hora).

Osvětlení velké sjezdovky na úrovni dvaceti luxů, sebelépe provedené, je neslučitelné se snahou zachovat Krkonoše ve stavu přírodě ne zcela vzdáleném, natož se snahou dosavadní prostředí, aktivitami lidí velmi narušené, vrátit do podoby, kterou mívalo dříve.

2.5 Alternativy

Nabízí se úvaha, jak by se vliv na přírodu snížil, kdyby sjezdovka byla osvětlena nejen geometricky dokonale, ale též výrazně slaběji.

Pokud by se průměrná intenzita osvětlení snížila desetkrát, ze dvaceti luxů na **dva luxy**, pak by už přírůstky světla v okolní noční krajině nebyly násobky množství světla přírodního, ale jen zlomky. To by se týkalo případu bezoblačné oblohy, pro ni by takové snížení množství světla mohlo stačit.

V případě zatažené oblohy se základnou nad horami by ale stále platilo, že místo aby bylo světla méně než za jasného počasí, jako je tomu v přírodě, tak by jej naopak přibýlo, světelné změny by byly opačné než by měly být. I **osvětlení dvěma luxy by bylo příliš silné.**

Proti tak silnému osvětlení mluví ještě jeden fakt. Potenciálních zájemců, kteří by mohli chtít velkou sjezdovku osvětlit, je v Krkonoších určitě více, a souhrn takových budoucích zdrojů narušení nočního prostředí by už byl neúnosný i např. při bezoblačném počasí.

O možnosti připustit osvětlování dalších sjezdovek, ne jen jediné poslední, by se dalo uvažovat jen při dodržení hodnoty, která vyplývá jak z fyziologie vidění, tak i z české lyžařské praxe (jak jsme si ověřili letos i ve Vítkovících, viz Příloha) a ze zahraničních pokusů: s průměrnou intenzitou osvětlení sněhu **pět desetin luxu.**

Takové hodnoty intenzity osvětlení je možné realizovat i žárovkovými svítidly, která se snadno cloní a kterých může být i větší počet (na nezvýšeném, ba i menším počtu stožárů, s různě úzkými a zcela ohraničenými kužely vyzařování), aby se dosáhlo skvělé rovnoměrnosti intenzity osvětlení. Připomeňme dokonalé směrování světla u divadelních reflektorů. Samozřejmě může jít i o nejslabší výbojky s příkony od 25 W, s menší spotřebou elektřiny a prakticky (pro tento účel) nekonečnou životností.

Dokonalost osvětlení spočívá v tom, aby nikde nebylo pokud možno silnější než zvolené minimum. **Kdyby minimum činilo např. tři desetiny luxu, neměla by maxima překročit třičtvrtě luxu** – ostatně, nejen kvůli zrakové pohodě, ale i proto, že to je zbytečné a zvyšuje ovlivnění okolí sjezdovky.

Doporučovat hodnoty vyšší než takové není nijak odůvodněné a nemá nic společného se snahou o bezpečnost. Pokud by nějaká norma o bezpečnost skutečně dbala, pak by se musela zaměřit především na vyloučení oslnění. Oči se umí dokonale přizpůsobit slabému světlu, jen nesmí být oslňovány. Zřetelné snížení rozlišovací schopnosti zraku nastává až při jasech na úrovni setin nitu, tedy při intenzitě osvětlení sněhu pod desetinu luxu (to je dostatek světla při chůzi či jízdě na běžkách či bicyklu, ale už by snižovalo pohodu a pocit jistoty při rychlém lyžování).

Příloha: některé hodnoty zjištěné v terénu

Při oblačnosti v takové výšce, jakou jsme uvažovali podrobněji v našem příkladu, jsme pozorovali panoráma Krkonoš z několika míst, např. z vyhlídky na úbočí Zadního Žalého. Imise způsobené sjezdovkami v Peci a ve Špindlerově mlýně byly velmi nápadné. Osvětlená oblaka byla nápadná svou bílou barvou, bylo vidět i světlo rozptýlené v čistém vzduchu pod nimi. Hromovka na nás takto nepřímou svítila třemi mililumeny na metr čtvereční, Javor jedním mililumenem na metr čtvereční. Připomeňme, že za bezoblačného počasí a bezměsíčné noci tolik světla přichází z celé oblohy dohromady, zde tolik přicházelo z jediné světlé skvrny nad dvanáct kilometrů vzdálenou Pecí pod Sněžkou. Dvakrát bližší Hromovka svítila vlastně méně, než by se dalo podle vzdálenosti oproti Javoru čekat (ač jen o třetinu), to zřejmě proto, že světlomety na Javoru jsou upřené právě na západ a ještě více nakloněné vzhůru než ty na Hromovce (i tak ale valná většina jejich světla dopadá na sjezdovku).

Na sjezdovce Javor je průměrná intenzita osvětlení vpravo od vleku zhruba čtyřicet luxů. Taková hodnota by nebyla vyloučena v prvním desetiletí ani na Protěži. Osvětlovaná plocha je přitom také zhruba čtyři hektary. Osvětlená Protěž by se projevovala zdáli nejvýše jako dvakrát slabší, stále ještě velmi nápadný zdroj.

Zdaleka ne všechny sjezdovky, které jsme zkoumali, jsou osvětleny tak silně. Ta ve Velké Úpě má průměrnou osvětlenost deset luxů. Dolní sjezdovka ve Vítkovicích už jen tři luxy, horní pak dva luxy. Jejich dopad na okolí je skutečně mnohem menší.

Podstatné ovšem není vůbec průměrná intenzita osvětlení, ale intenzita minimální. Ta na Javoru činí také jen tři luxy, **ve Vítkovicích jen půl luxu. Lidé se takové ne moc silně osvětlené části vůbec nevyhýbají.** A to i přesto, že na ni přejíždějí z mnohem silněji osvětleného sněhu, a dokonce i přesto, že jim zespodu svítí silné reflektory do očí.

(Ještě snad komentář k hodnotám, které uvádí norma, kterou se snaží projekt splnit. Ta doporučuje průměrnou intenzitu osvětlení dvacet luxů a tzv. rovnoměrnost 0,2. Tím se myslí, že žádná místa nemají být osvětlena méně než pětinou intenzity průměrné. Norma tak připouští, že některé plochy mohou být osvětleny jen čtyřmi luxy. Proč by ale měly být jiné osvětleny více? To jen zhorší adaptaci zraku na plochy s jasným nejmenším. Norma se navíc o oslnění přímou viditelností různých světlometů (či reklamních panelů atd.) nestará. Není to standard, který by mohl být dobrým vodítkem pro kvalitní, příjemné a minimálně rušící osvětlení.)