

Možnosti posuzování venkovních osvětlovacích soustav z pohledu jejich potenciální rušivosti

Tomáš Maixner

Jeden případ na úvod. Byl jsem požádán jistou dámou, abych ji podpořil v boji proti nadměrnému osvětlení jejího obydlí. Doložila svízelný stav i fotografiemi. Ač vím, že fotografie je zcela nevěrohodná, tak jsem uvěřil. Na ukázkou jedna ze zaslaných fotografií. Vlevo tak, jak mi byla zaslána. Vpravo upravena tak, jak situace vypadá v reálu. Přesněji řečeno, upravena je ta levá, pravá je navrácena do původního stavu.



Na místě jsem zjistil, že nejvyšší hodnota osvětlenosti na jejím obydlí je 0,21 luxu. To po započtení všech korekcí, připočtení kladné odchylky nejistoty měření a po přepočtu na časově počáteční stav. To znamená, že hodnota nemůže být v žádném případě ve skutečnosti vyšší. Vždy se rušivé účinky světla posuzují pro počáteční stav, kdy je situace nejvíce obtěžující. Uvedená hodnota by vyhověla i v environmentální zóně E1 v době mimo noční klid. Domek leží v zóně E2, kde v době nočního klidu je vyhovující osvětlenost téměř pětinašobná – 1 lx a mimo tuto dobu dokonce 5 lx.

Fotografii lze snadno upravit tak, aby ukazovala, co si upravovatel přeje. Proto ji nelze považovat za nějak průkaznou. Zejména ne, když nejsou známy okolnosti jejího vzniku, není známa citlivost, doba expozice, clona. Takových fotografií lze nalézt na webech ekologických aktivistů desítky.

Nelze spoléhat ani na oko, na „okometrické“ hodnocení. Ano, tento termín je používán, byť ho ve slovníku světelné techniky nenaleznete. Kdyby alespoň subjektivní hodnocení...

Oko je neskutečně přizpůsobivé. Není možné prohlásit, že je někde určitá hladina osvětlenosti. Stejně jasný (osvětlenost oko nevnímá) je noční stolek osvětlený nějakým svítidlem. Bez ohledu zde je večer nebo noc. Zvečera je oko adaptováno na relativně vysoké jasy, takže nevyhodnotí stránku v knize jako oslňující (i když záleží na obsahu strany, ale to není záležitost vidění). Při nočním probuzení by byla jasnost oné stránky nesnesitelná. Když v noci procházím bytem, tak vrhám na stěnu stín vyvolaný světlem číslice 9 na dvířkách vinotéky. A to ve „světelně zašpiněné“ Praze. Nemyslím, že jsem schopen to rozlišit proto, že je vyzařované světlo „toxický“ modré. Je to proto, že mám zrak adaptovaný na tmu.

Dosavadním textem jsem chtěl toliko zdůraznit, že vliv světla není možné hodnotit subjektivně, ale pouze s použitím přístrojů. To není „chytrý“ mobil, kterým nelze měřit ani orientačně. Táž aplikace, v tomtéž typu telefonu, ukazuje hodnoty lišící se v desítkách

procent. Nelze použít ani přístroj zakoupený u Conrada, na Amazonu nebo u nějakého „seriózního“ asijského výrobce (nejen asijského). Je možné použít pouze kvalitní, kalibrované, přístroje. Což není kdejaký přístroj. Ale to bychom zašli někam jinam. Tento text není o pravidlech měření, ale o vyhodnocení naměřených hodnot.

Pomím tedy způsob získání vstupních dat, budu se věnovat způsobu jejich vyhodnocení.

Kritéria posouzení

Požadavky na omezení rušivých účinků světla jsou uvedeny v řadě dokumentů. Je to národní technická norma ČSN P 36 0455 [1], v současné době v revizi (již čtvrtým rokem). Známé TKP-15 [2] a evropská technická norma ČSN EN 12646-2 [3]. A pochopitelně v prapůvodních zdrojích, jako jsou dokumenty CIE [5], [6], [8] nebo nařízení komise ES [7]. Dokumenty CIE (Mezinárodní organizace pro osvětlování) jsou podkladem pro tvorbu technických norem.

Odlíšná kritéria jsou uvedena též v jiných materiálech. Ty však nepovažuji za dostatečně kvalifikovaně zpracované, aby bylo možné na jejich základě rozhodovat o vlivu světla. Žel, jsou obecně známé. Nevidím důvod dále šířit pochybnou slávu různých příruček, byť posvěcených nejvyššími místy. Podíleli se na nich aktivisté v těžkém střetu zájmů obchodním nebo bezohledně prosazující své hobby. Ze strany světelných techniků se na nich podíleli buď „expertí“ samozvaní, nebo loajální s vrchností.

Vycházet budu tedy z materiálu [1] doplněném v [2]. Zejména u [1] vycházím ze znění současného, nikoliv budoucího. Budoucí nemohu ovlivnit. Zpracování normy mi bylo odebráno (aniž bych o tom byl spraven) a nadále mám jen poradní hlas. Ten však sotva bude vyslyšen. Nejen můj. Technická normalizační komise je totiž pouze poradní sbor. A na jeho doporučení se v případě vyššího zájmu nedbá.

Jedním z kritérií je „horní účinnost svítidla“, což je podíl světelného toku vyzářeného nad svítidlem nad vodorovnou rovinu. V evropském nařízení [7] byl poprvé uveden požadavek na horní účinnost svítidla na základě rozumu, s ohleduplností k nočnímu prostředí. Jak dokazuje řada prací, není tzv. „plně cloněné“ svítidlo zárukou minimalizace rušivého světla. Pod tlakem aktivistů se neustále řeší množství světla, které zvyšuje závojový jas oblohy, místo toho, aby se vliv světla na životní prostředí řešil komplexně. Ono totiž není rušivé jen světlo, které uniká do horního poloprostoru, ale i to, které dopadá tam, kde není žádoucí – například mimo osvětlovanou komunikaci a její okolí (viz [4]). Nehledě na to, že světlo se odráží a tedy i k obloze. Čím víc je svítidlo cloněno, tím horší má vlastnosti, tím nižší činitel využití. Takže je nutné nainstalovat větší světelný výkon a do prostoru se dostává větší množství světla. To se odráží, takže v důsledku mohou být „plně cloněná“ svítidla příčinou vyššího jasů oblohy, než k jakému by došlo při použití svítidel, která malou část emitují do horního poloprostoru přímo.

Avšak nelze posuzovat vliv osvětlovací soustavy pouze z pohledu rušivých účinků světla. Dopad „plně cloněných“ svítidel je i energetický. Tedy vyšší zátěž životního prostředí. To není jen vyšší produkce CO₂, ale obecně nadvýroba. Je nutné vyrobit větší počet svítidel a sloupů, větší počet betonových základů... nebo svítidel s vyšším příkonem na vyšších stožárech. A také vše dopravit. To vše zatěžuje životní prostředí a proto je nezbytné posoudit osvětlovací soustavy komplexně.

Je tedy žádoucí clonit svítidla s rozumem – tedy podle následující tabulky 1. Návrhová poloha je skutečná poloha svítidla v reálné osvětlovací soustavě – svítidlo nemusí být upevněno vodorovně; třeba proto, aby se zajistila na vozovce dostatečná rovnoměrnost osvětlení.

Tabulka 1 – Maximální přípustná horní účinnost svítidla v návrhové poloze (ULOR)

Třída osvětlení	Světelný tok zdroje Φ (klm)	ULOR (%)
M1 až M6	libovolný	3
C0 až C5 P1 až P6	$12 \leq \Phi$	5
	$8,5 \leq \Phi < 12$	10
	$3,3 \leq \Phi < 8,5$	15
	$\Phi < 3,3$	20

V oblastech, kde je ve společenském zájmu důležité omezit množství světla emitovaného do nočního prostředí, je přípustná hodnota stále do 1 %. Mezi takové oblasti patří význačné přírodní rezervace, v nichž by světlo prokazatelně nepříznivě ovlivnilo život. Patří sem také astronomické observatoře národního a mezinárodního významu. To je u nás Ondřejov a případně Kletř.

Uvedené mezní hodnoty nejsou považovány za nepřekročitelné. V odůvodněných případech je to možné. Třeba tam kde se prokáže, že nedodržení hodnot uvedených v tabulce vede ke snížení zátěže nočního prostředí umělým světlem. Nebo kde je to žádoucí z urbanistického nebo architektonického hlediska. Je nesmysl omezovat světelný tok do horního poloprostoru v případě kdy šíření světla zabrání městská zástavba. Bezohledné omezení světla do horního poloprostoru nepomáhá životnímu prostředí a degraduje noční prostor. Jak by to vypadalo v případě historického centra města je zřejmé z pravého obrázku:



Ke kultuře naší doby nepatří jen hvězdy na obloze, ale i nasvětlení památek a osvětlení prostoru s důrazem na zrakovou i psychickou pohodu.

Připadá mi naprosto zvrácená a neodpuštělná snaha zneužít současné pandemie k vlastním sobeckým zájmům. Tím myslím výzvy k zhasínání osvětlení památek s policejní hodinou. V době, kdy se hroutí mnohým životní jistoty, odebrat i to málo, co lidí může povzbudit. I když nemohou vycházet, z oken hledět mohou. Mám výhled na Prahu, naštěstí se nechalo zmanipulovat jen málo institucí.

V [1] i [2] je též návod jak postupovat v případě citlivých lokalit. V nich je třeba posoudit více možných řešení, včetně onoho s “plně cloněnými” svítidly. Pak vybrat

soustavu, která bude nejekonomičtější, nejméně energeticky náročná. Stanovení kritérií hodnocení přesahuje rozsah tohoto příspěvku.

Jen připomenu, že se všechny posuzované hodnoty vztahují k nejméně příznivé situaci. To znamená, že se naměřené hodnoty musejí přepočítat na počáteční stav ($MF = 1$), kdy jsou svítidla nová, čistá, stejně tak i světelné zdroje. Nezanedbatelné je i to, že se k měření používají přístroje s čidly přizpůsobenými fotopické spektrální citlivosti lidského oka. Přístroje kalibrované na skotopické vidění jsou oblíbeným způsobem klamání zákazníků ze strany nesolidních dodavatelů.

Podle [1], [2] se posuzují ještě další parametry. V následující tabulce 2 jsou uvedeny přípustné limity rušivého světla zaručující minimalizaci potíží pro osoby, floru a faunu. Budu k ní mít výhrady.

Tabulka 2 – Přípustné maximum rušivého světla ve venkovních osvětlovacích soustavách

Zóna životního prostředí	Osvětlenost na objektech E_K (lx)		Svítivost svítidla I_K (cd)		Podíl horního toku R_{UL} (%)	Průměrný jas L_K ($cd \cdot m^{-2}$)	
	mimo noční klid	v době nočního klidu	mimo noční klid	v době nočního klidu		fasád budov	informačních a reklamních znaků
E1	2	0	2 500	0	0	0	50
E2	5	1	7 500	500	5	5	400
E3	10	2	10 000	1 000	15	10	800
E4	25	5	25 000	2 500	25	25	1 000

Jednotlivé zóny životního prostředí (environmentální) jsou charakterizovány následovně:

- E1: oblasti obzvláště tmavé (národní parky nebo chráněná území)
- E2: oblasti s nízkým jasem (průmyslové nebo obytné venkovské oblasti)
- E3: oblasti se středním jasem (průmyslové nebo obytné oblasti na okrajích měst)
- E4: oblasti s vysokým jasem (centra měst a obchodní zóny)

V tabulce jsou uvedena jednotlivá kritéria pro dobu nočního klidu a mimo noční klid (kde to má smysl). V případě, kdy se neuplatňuje noční omezení, nesmí být vyšší hodnoty nikdy překročeny a přísnější (předepsané pro dobu nočního klidu) se mají upřednostnit.

V některých případech nelze jednoduše uvedená pravidla splnit pro dobu nočního klidu jinak, než vypnutím osvětlovací soustavy. Např. svítivost v zóně E1. Jak jsem již ukázal, některé požadavky jsou překonány. Je to především podíl horního toku, kdy v E1 je požadována jeho nulová hodnota (s dále zmíněnou výjimkou). Ale je to i svítivost.

Osvětlenost na objektech

Normou není definována pozice, pro kterou se tento parametr má vyhodnocovat, ale je zřejmé, že se jedná o osvětlenost oken. To proto, že pokud by se jednalo o osvětlenost vlastního průčelí, tak by postrádal smysl poslední požadavek na průměrný jas fasád budov. Šlo by o duplicitní požadavek, který by byl navzájem v rozporu. Ostatně nikoho z obyvatel domu nebude v běžných situacích rušit světlo na průčelí, ale světlo, které proniká přímo do příbytku. A to je závislé na osvětlenosti okna.

Pokud by byla maximální přípustná osvětlenost překročena, tak se musí hledat opatření, jak ji omezit na přijatelnou hodnotu. Například snížením světelného toku osvětlovací soustavy nebo úpravou umístění či směřování jednotlivých svítidel.

Svítivost svítidla

Rozumí se svítivost v potenciálně rušivém směru. Smyslem tohoto omezení je zabránit nadměrnému pronikání světla do citlivých míst. To může být například kopule hvězdárny, řídicí věž na letišti apod. V běžných případech není třeba ji posuzovat. Je však třeba podotknout, že se jedná o nesmyslný požadavek, protože svítivost a rušivý účinek světla spolu nekorespondují. V návrhu revize technické normy ČSN P 36 0455 je již vypuštěn (omlouvám se, že jsem ho nezrušil, dokud jsem mohl).

Má to logické opodstatnění – působení svítivosti na pozorovatele je závislé na vzdálenosti zdroje světla od něho. Zdroj o malé svítivosti v bezprostřední blízkosti vadí nesrovnatelně více, než velmi silný zdroj světla ve vzdálenosti veliké. Například zdroj o svítivosti 1 cd ze vzdálenosti 1 m, vyvolá v místě oka pozorovatele osvětlenost 1 lx. Ale velký zdroj, např. s 1 000× vyšší svítivostí a vzdáleností (1 000 cd a 1000 m), vyvolá v místě oka osvětlenost pouhou tisícinu luxu, která je prakticky nepozorovatelná. Ještě mnohem „škodlivější“ je Měsíc v úplňku. Jeho svítivost je zhruba 4×10^{16} cd. Nechci dopočítávat svítivost hvězd.

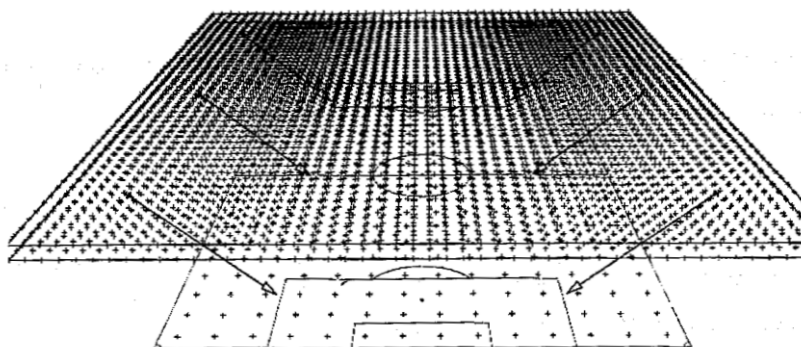
V poslední verzi doporučení CIE [5], ze kterého technické normy vycházejí, je toto kritérium nahrazeno stanovením přípustné svítivosti na vzdálenosti velikosti svítící plochy a vzdálenosti k pozorovateli. Je tak zavedeno jakési zjednodušené kritérium oslnění, které již smysl má. Opět jde o materiál, který nelze rozebrat podrobně zde, vyžaduje samostatné pojednání.

Podíl horního toku

Udává, jaký podíl světelného toku svítidel je vyzařován nad vodorovnou rovinu v pracovní poloze svítidel. Pro klasická svítidla je možné jeho velikost stanovit z fotometrických dat svítidla. Obávám se, že to nelze stanovit měřením, byť takové snahy v některých materiálech „expertů“ byly patrné.

Pro větší soustavu se svítidly umístěnými jinak, než v základní poloze (vztažná svítivost svisle k zemi), to je možné výpočtem

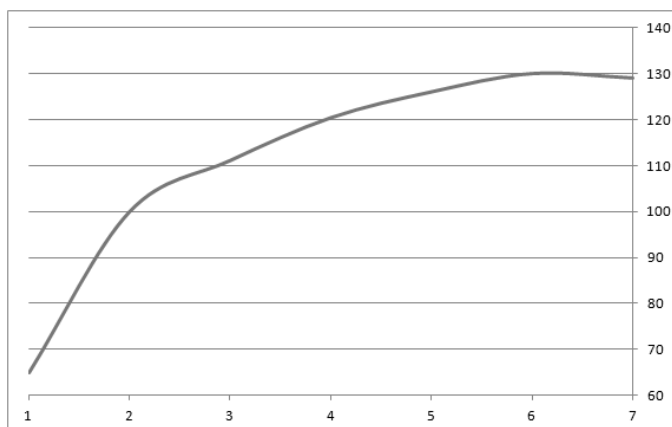
Postupuje se tak, že se zvolí srovnávací rovina nad svítidly (obvykle 1 m) a stanoví se



její osvětlenost E . Potom je možné ze znalosti velikosti plochy srovnávací roviny S stanovit světelný tok Φ_H dopadající na tuto rovinu:

$$\Phi_H = E \cdot S \quad (\text{lm})$$

Výsledky jsou samozřejmě závislé na velikosti plochy. Výpočet podle popisu se stanoví pro nějakou základní velikost a pak se opakuje pro větší plochy tak dlouho, až se výsledky dvou následujících výpočtů liší maximálně o 5 %. Přimluvil bych se i za menší hodnotu. Příklad výpočtu je znázorněn na následujícím grafu:



Hodnota podílu horního toku R_{UL} pro svítidla o úhnném světelném toku Φ_S je

$$R_{UL} = \frac{\Phi_H}{\Phi_S} \cdot 100 \quad (\%)$$

Dlužno podotknout, že v [5] je uvedena i nulová hodnota, kterou jsem uvedl jako neprůkaznou z pohledu míry celkového světelného toku vyzářeného k obloze. Hodnota je však platná pro novou environmentální zónu E0. Ta je definována jako „Skutečně tmavé“ oblasti a jako příklad jsou UNESCO Startlight Reserveres nebo IDA oblasti temné oblohy. Žádná taková oblast v ČR neexistuje [8]. Sice je několik takových oblastí vyhlášených, avšak důvody jsou poněkud jiné, než ochrana temných oblastí. Protože, kdyby o to skutečně šlo, tak první by měla být oblast v Novohradských Horách, kde se nachází nejtmaší lokalita v republice. Není. Kdo by se táhnul takovou dálku?! To ji raději zřídili aktivisté v místech, kde je nějaký aktivní amatér. V ČR tedy neexistuje lokalita, kde by byla CIE doporučena nulová hodnota podílu horního světelného toku. I kdyby byla, tak bych doporučoval postupovat podle [1], resp. [2], tedy stanovit dopad na životní prostředí pro různé osvětlovací soustavy a vybrat tu nejvhodnější.

Průměrný jas fasády

Je to jas fasády úmyslně osvětlované nebo svítící. Je předepsána pouze jedna hodnota, takže platí v době nočního klidu i mimo něj. Výpočtem se stanoví ze znalosti osvětlenosti povrchu průčelí E , přitom se předpokládá, že světlo odráží rovnoměrně rozptýlně (s činitelem odrazu ρ). Potom pro stanovení jasu L_B platí vztah:

$$L_B = \frac{E \cdot \rho}{\pi} \quad (\text{cd.m}^{-2})$$

V případě, že sama fasáda je zdrojem světla, tak se posuzuje jiným způsobem. Je to již značně složitější, protože záleží na směrování světla a místu pozorování. Pokud je známá fotometrická plocha svítivosti, tak je možné použít známý vztah platný pro svítidla:

$$L_B = \frac{I_\gamma}{S_\gamma} \quad (\text{cd.m}^{-2})$$

kde je I_γ svítivost ve směru k pozorovateli a S_γ průmět svítící plochy do tohoto směru.

Podobně se postupuje i v případě světelných reklamních obrazovek. Ty se však hodnotí jako informační znaky, kdy je přípustný jas vyšší než pro fasády budov.

Další vlivy

Rušivé vlivy je třeba vyhodnotit nejen z pohledu uživatelů v okolí osvětlovacích soustav, ale také z pohledu účastníků dopravy. Tam je několik možností. V případě obvyklých soustav veřejného osvětlení se hodnotí velikost oslnění, tedy prahový přírůstek. Ten se posuzuje i v případě, že jsou v prostoru jiná, než svítidla osvětlující vlastní pozemní komunikaci. Stanovení této veličiny je poměrně problematické.

Podobně problematické je využití metody hodnocení oslnění metodou CIE-GR. Tam vstupuje do hry řada poměrně obtížně stanovitelných veličin. Mnohdy tato metoda dává nereálné výsledky. Pak se ukazuje jako možné posouzení dle ČSN EN 13201-2 [4] pomocí tříd oslnění D.0 až D.6 pro které platí tabulka 3.

Tabulka 3 – Třídy oslnění

Třída	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6
Hodnota součinitele oslnění	-	7000	5500	4000	2000	1000	500

V tabulce jsou uvedeny třídy činitele oslnění D.0, D.1, D.2, D.3, D.4, D.5 a D.6 z nichž lze vybrat tu třídu, která umožní splnit přiměřené požadavky na omezení rušivého oslnění prostřednictvím součinitele oslnění DG .

Podle národního dodatku ČSN EN 13201-2/Z1 (již neplatný, ale nebyl nahrazen, tak z něho vycházím) se volí třída oslnění podle závěsné výšky svítidel.

Montážní výška svítidel H [m]	Třída oslnění	Poznámky
$H > 6$	D1	
$6 \geq H > 4,5$	D2	
$4,5 \geq H > 3$	D3	
$3 \geq H$	D4	velký jas okolí
	D5	střední jas okolí
	D6	malý jas okolí

Například při hodnocení vlivu reklamního panelu se vychází z výšky spodní hrany. Pro vyhodnocení se použije třída oslnění D1, tedy nejvyšší přípustná hodnota součinitele oslnění je 7 000. Ten se stanoví podle vztahu

$$DG = I \cdot A^{-0,5} \quad (\text{cd.m}^{-1})$$

kde I je svítivost směrem k pozorovateli a A je průmět velikosti svítící plochy pod úhlem 5° vzhledem k vodorovnému pohledu pozorovatele.

Závěrem

Posuzovat vliv nějakého osvětlení na noční prostředí lze na základě znalostí problematiky světelné techniky. Žel, v poslední době o tom začínají rozhodovat lidé, kteří se za experty vydávají, aniž by měli dostatečného vzdělání, mnohdy nevzdělání vůbec. Často to jsou osoby v silném střetu zájmů, výrobci svítidel, majitelé podivných patentů. Ještě horší je to, že zmíněné podporují i motivovaní světelní technici. Ti jsou o to více nebezpeční, protože ví, jak s aparátem světelné techniky pracovat. Kdy něco zamlčet, kdy říct polovinu pravdy, kdy něco zveličit. U těchto osob je velmi smutné, že jsou si vědomí, že ohrožují bezpečnost obecně, nejen v dopravě, že škodí světelné technice. Co hůř, často škodí i životnímu prostředí. Ale, za peníze v Praze dům. A nejen v Praze.

Zdroje

- [1] ČSN P 36 0455: Osvětlení pozemních komunikací – Doplňující informace: červen 2017
- [2] TKP-15 Technické kvalitativní podmínky staveb pozemních komunikací - kapitola 15 osvětlení pozemních komunikací: Min. dopravy 2015
- [3] ČSN EN 12464-2 (36 0450) Světlo a osvětlení – Osvětlení pracovních prostorů – Část 2: Venkovní pracovní prostory
- [4] ČSN EN 13201-2:2016 (36 0455) Osvětlení pozemních komunikací – Část 2: Požadavky
- [5] CIE 150:2017 Technical Report - Guide on the Limitation of the Effects of Obtrusive Light from Outdoor Lighting Installations, 2nd Edition
- [6] CIE 154:2003 The Maintenance of Outdoor Lighting Systems, IE 154:2003, ISBN 978 3 901906 24 4
- [7] Nařízení Komise (ES) č. 245/2009 ze dne 18. března 2009, kterým se provádí směrnice Evropského parlamentu a Rady 2005/32/ES, pokud jde o požadavky na ekodesign zářivek bez integrovaného předřadníku, vysoce intenzivních výbojek a předřadníků a svítidel, jež mohou sloužit k provozu těchto zářivek a výbojek, a kterým se zrušuje směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/55/ES.
- [8] CIE 126/1997 – Guidelines for minimizing sky glow, CIE 1997.
- [9] International Dark Sky Reserves
<https://www.darksky.org/our-work/conservation/idsp/reserves/>