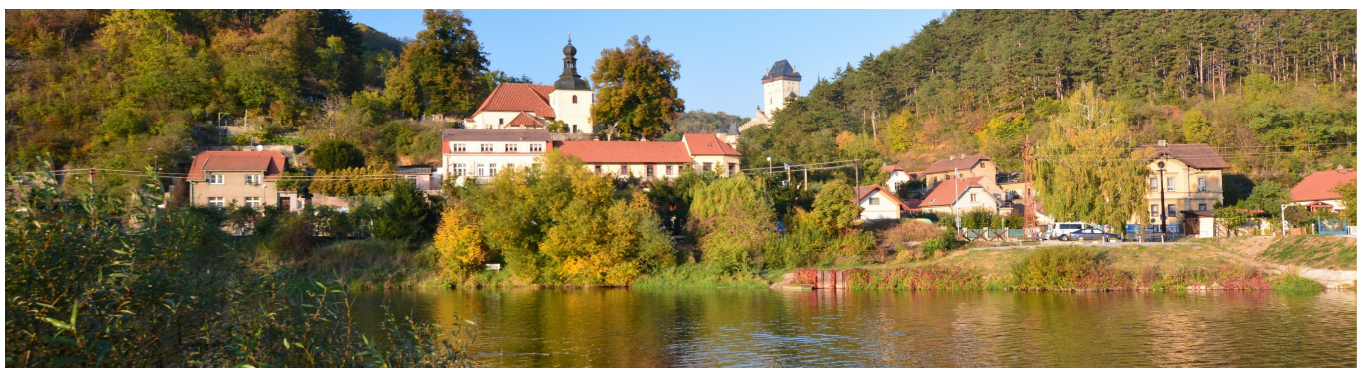




DETAILNÍ MONITORING KOLIZNÍHO MÍSTA A MIGRACÍ UŽOVKY PODPLAMATÉ V OBCI KARLŠTEJN



Zpracovatel: ECODIS

Zakázka č.	18-09-15
Odpovědní řešitelé	Dr. Ing. R. Kovář RNDr. Martin Průcha

Biologická studie

DETAILNÍ MONITORING KOLIZNÍHO MÍSTA A MIGRACÍ UŽOVKY PODPLAMATÉ V OBCI KARLŠTEJN

ZADAVATEL
AGENTURA OCHRANY PŘÍRODY A KRAJINY ČR
REGIONÁLNÍ PRACOVISŤE STŘEDNÍ ČECHY
ODDĚLENÍ SCHKO ČESKÝ KRAS
Č.P. 85
267 18 KARLŠTEJN
TEL. 317 855 225
www.ceskykras.nature.cz
e-mail: ceskras@naturecz

ZHOTOVITEL
ECODIS s.r.o.
NA DLOUHÉM LÁNU 16
160 00 PRAHA 6
TEL. 606 569 963
www.ecodis.cz
e-mail ecodis@ecodis.cz
ecomm@seznam.cz

Výtisk č.	1
Počet stran	110
Počet příloh	1
Datum dokončení	XI/2015

SOUHRN

Předkládaná studie je realizací projektu s názvem „**Detailní monitoring kolizního místa a migrací užovky podplamaté v obci Karlštejn**“. Zakázka je součástí realizace projektu „Komplexní přístup k ochraně fauny terestrických ekosystémů před fragmentací krajiny v ČR“. Zadavatelem této studie je Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, resp. regionální pracoviště Střední Čechy, Oddělení SCHKO Český kras. Na řece Berounce v okolí obce Karlštejn (cca GPS: 49°56'2.229"N, 14°10'56.632"E) se nachází početná populace užovky podplamaté (*Natrix tessellata*). Silnice II/116 zde odděluje letní biotopy těchto akvatických hadů (a také druhu *N. natrix*) od části zimovišť, která se nacházejí na její druhé straně. Z toho důvodu zde na jaře a na podzim dochází k sezónním migracím hadů, důsledkem čehož je jejich zabíjení projíždějícími auty. Úsek je známý tím, že zde ve zvýšené míře dochází k zabíjení především juvenilních jedinců. Účelem studie je poskytnout informace o načasování a průběhu podzimní migrace a identifikace míst s nejvyšší mírou silniční mortality. Zároveň studie navrhuje způsob ochrany včetně technické specifikace řešení. Metodika studie byla dána zadavatelem a spočívala ve vybudování dočasné bariéry po okraji silnice směrem k řece. Během dvou denních pochůzek byly zjišťovány údaje o živých či mrtvých hadech po obou stranách bariéry vč. povrchu vozovky. V průběhu sledovaného období (28/9 až 22/10/2015) bylo celkem nalezeno 17 jedinců *N. tessellata* a 1 jedinec *N. Natrix*. V naprosté většině se jednalo o juvenilní jedince užovky podplamaté (n = 15), přičemž většina z nich (n = 11) byla přejetých. Kromě toho byli nalezeni 2 přejetí dospělí jedinci tohoto druhu a 1 přejetí juvenilní užovka obojková. Většina přejetých hadů byla zabita již v první polovině vozovky (směrem k řece). Vzhledem k malému množství přejetých jedinců v úseku podél bariéry, a to i v místech, kde jich bývá jiné roky přejeto velké množství, lze soudit, že bariéra zafungovala jako efektivní ochrana proti pronikání hadů (především dospělých) na vozovku. Mladí jedinci byli schopni tuto bariéru občas překonat. Je pravděpodobné, že většina hadů se vrátila do prostoru mezi bariérou a řekou a zde zazimovala. V tomto prostoru se nachází velké množství vhodných zimovišť, která nicméně při větších zimních povodních bývají zřejmě vyplavována. Hadi se k silnici od vody přibližují prakticky v celém sledovaném úseku. Patrná je nicméně jejich určitá afinita k antropogenním strukturám (domy, zídky, zahrádky, zahradnictví atd.), ke kterým směřují. Také potenciální zimoviště, existující mezi silnicí a řekou jsou antropogenní struktury. Je velmi pravděpodobné, že migrace do zimovišť začíná již dříve, než byl začátek námi sledovaného období, nicméně ojedinělé nálezy v druhé polovina října pravděpodobně korespondují s koncem migrace. Kromě výsledků vlastního terénního průzkumu studie poskytuje přehled literárních údajů na dané téma, technickou dokumentaci ke komponentům ochranné bariéry vč. orientačního odhadu ceny a fotografie s ukázkami obdobných ochranných opatření na několika místech v Německu.



1. OBSAH

kapitola	str.
Souhrn	1
1. Obsah	2
2. Úvod	3
2.1. Důvody vzniku této studie	3
2.2. Účel studie	5
3. Metodika	6
4. Literární rešerše	8
4.1. Vliv silnic resp. automobilové dopravy na populace hadů	8
4.2. Pohybová aktivita	12
4.3. Proč hadi vstupují na silnici	14
4.4. Podíl mladých hadů mezi přejetými	16
4.5. Mezdruhové rozdíly v mortalitě na silnicích a chování hadů na vozovce	17
4.6. Sezónnost silniční mortality	19
4.7. Metodika sledování pohybu plazů v blízkosti silnice a propustky pod silnicí	22
4.8. Technická opatření na snížení mortality hadů na silnicích	28
4.9. Budování náhradních zimovišť pro hady	32
5. Výsledky	37
5.1. Načasování podzimní migrace hadů od řeky do zimovišť	37
5.2. Hlavní místa překonávání silnice resp. místa silniční mortality hadů	38
5.3. Situování stávajících zimovišť či kladíšť v blízkosti silnice	41
5.4. Soupis zjištěných parametrů sledované populace	41
5.5. Rozdíly v překonávání silnice mezi dospělými a juvenilními (letošními) jedinci	41
5.6. Stručné zhodnocení aktuálního stavu sledované populace užovky podplamaté na základě zjištěných údajů	42
6. Doporučení pro ochranu	43
6.1. Vybudování neprostupné bariéry (bez podchodů pod silnicí) podél jižního okraje silnice	44
6.2. Vybudování bariéry po obou stranách silnice včetně podchodů pod silnici	50
6.3. Vybudování náhradních zimovišť mezi silnicí a řekou (bez budování bariéry)	52
6.4. Kombinace bodů (6.1.) a (6.2.) resp. (6.1.) a (6.3.)	54
7. Výkresy komponentů systému propustků a zábran	55
8. Finanční a časová náročnost ochranného opatření	85
9. Ukázka podchodů v Německu	88
10. Literatura	101

2. ÚVOD

2.1. Důvody vzniku této studie

Předkládaná studie je realizací projektu s názvem „**Detailní monitoring kolizního místa a migrací užovky podplamaté v obci Karlštejn**“. Zadavatelem této studie je Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, resp. regionální pracoviště Střední Čechy, Oddělení SCHKO Český kras.

Na řece Berounce v okolí obce Karlštejn (GPS: 49°56'2.229"N, 14°10'56.632"E) se nachází početná populace užovky podplamaté (*Natrix tessellata*). Vzhledem k přítomnosti frekventované silnice II/116 v úseku kolem Karlštejna zde dochází k častým střetům těchto hadů s projíždějícími automobily. Následující tabulka prezentuje údaje o počtu a skladbě vozidel na komunikaci II/116, pocházejí z celostátního sčítání dopravy v roce 2010 (roční průměr denních intenzit - RPDI). Vzhledem k roku sčítání (2010) lze očekávat, že stávající intenzity budou o něco vyšší.

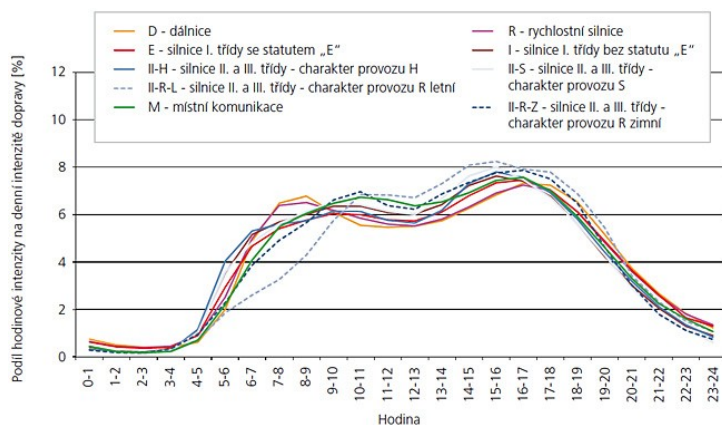
Dopravní intenzity (24 hod) na komunikaci II/116 (r.2010)

č. silnice	sčítací úsek	T	O	M	suma
II/116 (V i Z od mostu přes Berounku)	1-4188	475	1.036	0	1.511

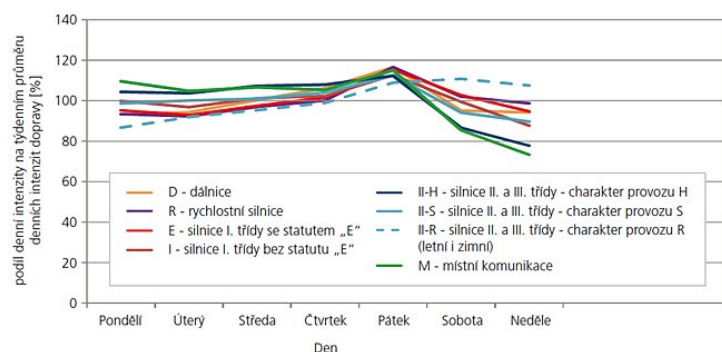
Kromě faktické výše dopravních intenzit má na silniční mortalitu daného druhu vliv charakteru provozu na dané komunikaci a z toho plynoucí rozložení dopravy v průběhu 24 hod. Pro ukázkou ... pakliže by silnice byla kupř. využívána pouze v denní dobu (přístupová komunikace do komerčního areálu či nákupního centra) a daný živočich by vykazoval noční aktivitu, bude její vliv bez ohledu na dopravní intenzity nulový. V metodice TP189 jsou odlišovány tyto charaktery provozu:

- D-dálnice
- R-silnice I. třídy - rychlostní silnice
- E-silnice I. třídy se statutem mezinárodní silnice („E“)
- I-silnice I. třídy bez statutu mezinárodní silnice
- II-silnice II. a III. třídy (včetně průjezdních úseků silnic) s rozlišením:
 - II-H-hospodářský
 - II-S-smíšený
 - II-R-L-rekreační - letní
 - II-R-Z-rekreační - zimní
- M-místní komunikace

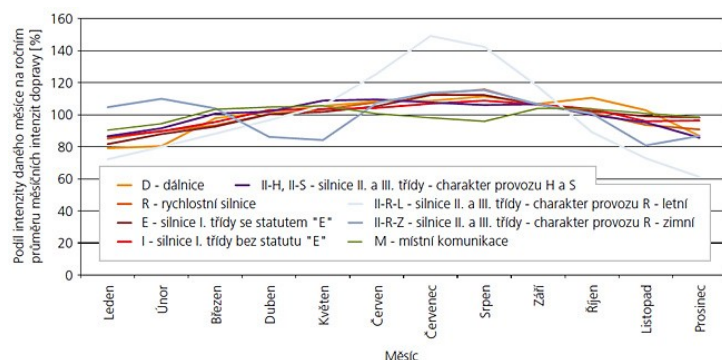
V případě silnice, kde probíhalo sledování užovek podplamatých, se jedná o silnici kategorie II-S.



Denní variace intenzit dopravy v běžný pracovní den, osobní vozidla, letní období - podle TP 189



Týdenní variace intenzit dopravy, osobní vozidla, letní období - podle TP 189



Roční variace intenzit dopravy, osobní vozidla - podle TP 189

Tato silnice zde odděluje letní biotop užovky podplamaté (a také užovky obojkové), tj. řeku Berounku, od Budňanské skály, která je spolu se svým okolím významným zimovištěm. Z toho důvodu zde na jaře a na podzim dochází k sezónním migracím hadů, přesouvajících se mezi letními biotopy podél řeky a zimovišti v puklinách a rozvalinách Budňanské skály, případně antropogenních strukturách (domech, zídkách atd.), přiléhajících k silnici II/116. Tato komunikace se tak v těchto obdobích stává významným kolizním místem, kde po střetech s automobily hynou desítky až stovky jedinců. Úsek totiž není pro bezpečnou migraci hadů nijak zabezpečen a neexistují zde ani žádné pro hady využitelné propustky pod tělesem silnice. Dopravní intenzity v průběhu 24 hod se navíc na této komunikaci překrývají s vrcholem (resp. vrcholy) cirkadiánní aktivity těchto hadů.

Úsek je známý tím, že zde ve zvýšené míře dochází k zabíjení především juvenilních jedinců během jejich migrace do zimovišť (podzim) resp. ze zimovišť (jaro).

Obr. 1: Juvenilní jedinec *Natrix tessellata*Obr. 2: ... a *N. natrix*

Hovoří-li se někde v této studii o zdejší populaci, jsou tím myšleni jedinci, kteří zde žijí na levém břehu Berounky. Ve skutečnosti se nejedná o samostatnou populaci, nýbrž o součást kontinuálního rozšíření tohoto druhu na Berounce, jehož areál výrazně přesahuje zájmové území. Zdejší hadi tudíž nejsou uraženou entitou, nýbrž se volně šíří do okolí a z okolí se sem také volně dostávají. Tato skutečnost je důležitá kupříkladu, když při jarních povodních dojde k zaplavení některých zimovišť podél řeky a k utopení zimujících hadů. Území je opět rychle obsazeno jedinci z okolí. Naopak při špatně provedených opatřeních na ochranu hadů v tomto prostoru, která by se stala biologickou pastí spíše než ochranným opatřením, bude docházet k neustálému „nasávání“ nových jedinců z okolí a jejich nechtěnému zabíjení.

2.2. Účel studie

Účelem předkládané studie je získání ucelených informací o:

- (1) načasování podzimní migrace hadů od řeky do zimovišť
- (2) hlavních místech překonávání silnice resp. místech silniční mortality hadů
- (3) rozdílech v překonávání silnice mezi dospělými a juvenilními (letošními) jedinci
- (4) možnostech bránění vstupů hadů na silnici pomocí bariéry
- (5) stávajících zimovišť či kladišť v blízkosti silnice
- (6) existujících technických možnostech trvalých zábran proti vnikání hadů na silnici včetně odhadů finanční náročnosti takového řešení v daném území

Závěrečná zpráva z monitoringu tudíž obsahuje:

- a) přehledné soupisy zjištěných parametrů sledované populace (tj. počty jedinců celkem, počty odchycených živých a nalezených mrtvých jedinců, počty jedinců v jednotlivých kategoriích dle věku, pohlaví, délky a váhy, veškeré naměřené hodnoty sledovaných parametrů, atd.) a stručné zhodnocení aktuálního stavu sledované populace užovky podplamaté na základě zjištěných údajů.
- b) mapové podklady – tj. lokalizace všech nálezů, zákresy míst s nejvyšší zjištěnou intenzitou migrace, případně zákresy dalších důležitých zjištění – např. konkrétních líhnišť či zimovišť (ve formě vrstvy/vrstev v prostředí ArcGIS a zároveň v podobě grafických příloh).
- c) celkové zhodnocení výsledků a konkrétní návrh možných trvalých řešení pro umožnění migrace užovky podplamaté v daném úseku; návrhy řešení budou obsahovat konkrétní technická opatření, včetně odhadu jejich finanční a časové náročnosti a včetně grafického zpracování (tj. mapové podklady, technické zákresy, apod.); porovnání předpokládaných výhod a nevýhod jednotlivých navrhovaných řešení (v případě návrhu jediného řešení alespoň porovnání předpokládaného výsledku jeho realizace se současným stavem)

- d) základní faunistické údaje o výskytu sledovaného druhu zároveň zapíše do internetové aplikace NDOP (Nálezová databáze ochrany přírody).

3. METODIKA

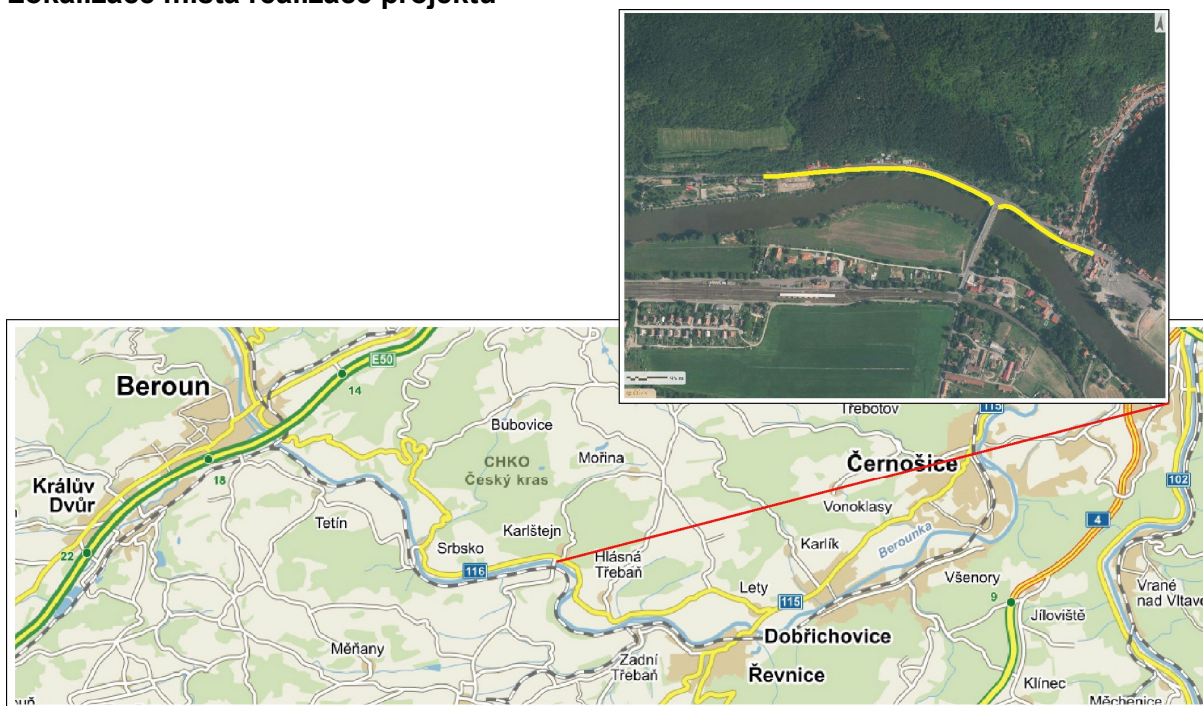
Metodika terénních prací i vyhodnocení dat byly dány zadavatelem. Tato metodika popisuje způsob realizace studie „Detailní monitoring kolizního místa a migrací užovky podplamaté v obci Karlštejn“.

Monitoring byl prováděn v době podzimních migrací, tj. přesunů hadů od řeky směrem k Budňanské skále. K těmto přesunům zde většinou dochází v období cca od poloviny září do poloviny října. Konkrétní období pro realizaci předkládané studie bylo stanoveno před zahájením vlastních prací zadavatelem, a to dle aktuálního vývoje počasí a aktivity zdejších užovek podplamatých na podzim 2015.

Základem monitoringu bylo postavení dočasné zábrany/bariéry proti vstupu hadů do vozovky ve stanoveném úseku, tj. v délce cca 900 m, na straně silnice II/116 přiléhající k řece. Účelem bariéry bylo zachytit hady směřující přes silnici směrem od řeky ke skalám. Podél této bariéry byly po straně směrem k řece rozmístěny kusy černých plastů, jakožto případné úkryty pro hady, pohybující se podél bariéry. Následně byla tato zábrana pravidelně kontrolována každodenními pochůzkami, a to v průběhu celého monitorovacího období. Nalezení živí jedinci byli odchytáni (byla zaznamenána lokalizace jejich nálezu), byly zjištěny jejich biometrické údaje, určeno jejich pohlaví a přibližný věk. Následně pak byli přeneseni na stranu silnice se zimovišti a vypuštěni. Zároveň byly zaznamenávány veškeré zjištěné údaje o nálezech případných mrtvých jedinců.

Všechny nálezy byly uloženy do NDOPu a zadavateli byly předány také ve formě SHP souboru.

Lokalizace místa realizace projektu





Obr. 3: Břeh Berounky Z od mostu



Obr. 4: Břeh Berounky V od mostu



Obr. 5: Výstavba bariéry



Obr. 6: Dtto obr. 5



Obr. 7: Utěsnění v zemi je třeba každodenně kontrolovat a opravovat (strana bariéry k řece)



Obr. 8: ... a k silnici



Obr. 9: Bariéra byla fixována na pevně zatlučených kolících



Obr. 10: Na straně směrem k řece byly položeny úkryty pro hady pohybující se podél bariéry



Obr. 11: Pro srovnání účinnosti byla použita na jednom úseku ještě průsvitná folie

4. LITERÁRNÍ REŠERŠE

V této kapitole jsou prezentovány informace týkající se aspektů biologie hadů se vztahem k problematice silniční mortality, metodám zjišťování jejich přítomnosti podél silnic a eliminačním opatření na snížení negativního vlivu automobilové dopravy. Citované údaje vesměs pocházejí z impaktovaných odborných periodik a mají vysokou vypovídací schopnost. V naprosté většině pocházejí z podmínek (klimatických, geografických, ...) srovnatelných s územím, kde probíhala předkládaná studie.

Obsah kapitoly:

1. Vliv silnic resp. automobilové dopravy na populace hadů
2. Pohybová aktivita
3. Proč hadi vstupují na silnici
4. Podíl mladých hadů mezi přejetými
5. Mezidruhové rozdíly v mortalitě na silnicích a chování hadů na vozovce
6. Sezónnost silniční mortality
7. Metodika sledování pohybu plazů v blízkosti silnice a propustky pod silnicí
8. Technická opatření na snížení mortality hadů na silnicích

9. Budování náhradních zimovišť pro hady

4.1. Vliv silnic resp. automobilové dopravy na populace hadů

Je obecně známou skutečností, že silniční komunikace představují jedny z nejvýznamnějších bariér pro pohyb mnoha skupin živočichů a jsou zdrojem fragmentace jimi obývaných biotopů. Pravděpodobně nejviditelnějším projevem tohoto fenoménu je zvýšená mortalita v populacích podél silnic (Andrews 1990, Ashley & Robinson 1996, Case 1978, Fahrig et al. 1995, Forman et al. 2003, Forman & Alexander 1998, Gibbs & Shriver 2002, Heine 1987, Smith & Dodd 2003, Trombulak & Frissell 2000).

Silniční mortalitu lze v podmínkách států s rozvinutou dopravní infrastrukturou považovat za jeden z nejvýznamnějších zdrojů nepřírodní resp. člověkem působené mortality volně žijících živočichů, a to u celé škály živočišných skupin od bezobratlých (Seibert & Conover 1991) po velké savce (Groot Bruinderink & Hazebrook 1996).

Vliv silniční mortality se ve zvýšené míře bude projevovat v populační dynamice těch živočišných druhů, které jsou dlouhověké, mají nízký populační přírůstek a vykazují pozdější nástup pohlavní dospělosti (Brooks et al. 1991, Congdon et al. 1994). U těchto dlouhověkých druhů se detekovatelný vliv nové silnice projeví na poklesu populace až po delší době, ale o to s větším a trvalejším dopadem (Doak 1995, Findlay & Bourdages 2000). Kupříkladu u vodních i suchozemských želv severní Ameriky došli Gibbs & Shriver (2002) k závěru, že 2 – 3 % nárůst roční mortality je více, než kolik mohou populace zvládnout, aniž by nedošlo k jejich úbytku. Mnoho druhů hadů přitom vykazuje podobnou prostorovou aktivitu jako suchozemské želvy (Macartney et al. 1988).

Kratší a variabilnější období aktivity, typické pro populace nacházející se na severní hranici druhového areálu či ve vyšších nadmořských výškách, má u hadů za následek zpomalený růst, pozdější nástup pohlavní dospělosti a větší dlouhověkost. Pohlavní dospělost je přitom dosahována při obdobných tělesných rozměrech (stejná velikost ale starší) (Larsen & Gregory 1989, Brown 1991, Martin 1993, Stearns & Koella 1986, Blouin-Demers et al. 2002). Malá domovská oblast (Gregory et al. 1987), pomalý růst a pozdní nástup pohlavní dospělosti (Parker & Plummer 1987), rozdílné nároky na biotopy juvenilních a dospělých jedinců (Prestt 1971, Moser et al. 1984), nízká úroveň reprodukce (Saint Girons 1992) a vysoká míra potravní specializace (Bea et al. 1992) jsou důležité rysy biologie hadů, které spolu s nežádoucím zájmem lidí (buď zabíjení, nebo odchyt pro chov v zajetí) tuto skupinu živočichů předurčují k problémům s přežíváním v antropogenizovaných územích.

Silnice představují riziko zvýšené mortality a omezení pohybu jak pro terestrické druhy hadů (Rosen & Lowe 1994, Guyot & Clobert 1997, Hoff & Marlow 2002), tak i pro druhy akvatické (Bernardino & Dalrymple 1992, Ashley & Robinson 1996, Haxton 2000), a to jak na úrovni lokální tak regionální (Gibbs & Shriver 2002). Bylo opakovaně doloženo, že silnice resp. automobilová doprava na nich může mít významný vliv na okolní herpetofaunu a to ve zvýšené míře tam, kde silnice prochází mokřadními biotopy. Důsledkem je velké množství přejetých plazů (Bernardino & Dalrymple 1992, Hels & Buchwald 2001, Gibbs & Shriver 2005), snížení druhové pestrosti a početnosti jedinců (Fahrig et al. 1995, Findlay & Houlihan 1997), ovlivnění jejich přítomnosti v území (Vos & Chardon 1998, Pellet et al. 2004), změna genetické struktury (Reh & Seitz 1990) a změna populační demografie resp. populační dynamiky (Marchand & Litvaitis 2004, Steen & Gibbs 2004, Aresco 2005a, Gibbs & Steen 2005) včetně poměru pohlaví (Kuslan 1988, Aresco 2003).

U druhů vykazujících výrazný pohlavní dimorfismus obecně platí, že samci mají ve srovnání se samicemi vyšší míru mortality resp. kratší délku života (Comfort 1979, Clutton-Brock et al. 1985). Ve většině reprodukčních systémů je pro populační růst počet samic v populaci

výrazně důležitější než počet samců a fluktuace v poměru pohlaví ovlivní reprodukci (Caswell 2001). Nárůst zabíjení samic, způsobený silniční mortalitou, má za následek destabilizaci poměru pohlaví a zvyšuje nebezpečí lokálního vymření (Aresco 2005a, Doak et al. 1994, Mitro 2003). Toto „rozhození“ poměru pohlaví ve smyslu přebytku samců bylo pozorováno kupříkladu u severoamerických želv *Pseudemys floridana*, *Trachemys scripta* a *Sternotherus odoratus*. Jeho příčinou byla zvýšená mortalita samic, podnikajících každoroční přesuny z vody na kladiště (Aresco 2005a). Stejnému riziku jsou vystavena také čerstvě vylíhlá mláďata, směřující zpět do akvatických biotopů resp. do biotopů s přítomností dospělců (Nelson & Scardamalia-Nelson 2003). Jedná se o faktor společný většině temperátních druhů plazů. Obecně tak násypy silnic, představující díky vhodné expozici vůči slunci, vhodnému substrátu i absenci vysoké vegetace vyhledávaná kladiště, představují pro různé druhy plazů biologické pasti (Schlaepfer et al. 2002, Szerlag & McRobert 2005). Zmenšení počtu samic má pak následně za následek delší přesuny samců, hledajících samice a tím i vyšší šanci jejich zabití (Steen & Gibbs 2004).

Sledování feromonálních stop pomocí vomeronasálního systému hraje při reprodukci většiny, ne-li všech, hadů zásadní roli (Gillingham 1987, Mason et al. 1989, Mason 1992, Chiaraviglio & Briguera 2001). Feromonální stopy jsou zřejmě jediným podnětem, který hadi na větší vzdálenost využívají při detekování přítomnosti jedinců vlastního druhu (Duvall et al. 1992). Každé antropogenní narušení schopnosti detekovat feromonální stopy má za následek nežádoucí zásah do reprodukce hadů. Silnice nejrozumnějších kategorií takovouto překážku představují (Shine et al. 2004). Pakliže se jedná o populaci s vysokou hustotou jedinců po obou stranách vozovky, nebude se zřejmě jednat o významný problém. U populací s hustotou nízkou však takováto olfaktorická bariéra může zhoršit úspěšnost reprodukce. Životaschopnost vylíhlých mláďat může být zhoršena, pakliže se samice nemohla pářit s více jak jedním samcem (Madsen et al. 1992). U malých populací může být důsledkem i snížení jejich genetické heterogenity s dopadem na dlouhodobé přežívání. Přerušení feromonálních stop samic bude nutit samce k větší pohybové aktivitě a zvyšovat riziko jejich zabití (Aldridge & Brown 1995, Bonnet et al. 1999, Shine et al. 2004).

Poněkud v rozporu s předchozími závěry je zjištění, ke kterému na základě provedené literární rešerše došel Bonnett (1991), a to že pro většinu hadů silniční mortalita nepředstavuje zásadní tlak na populační dynamiku či stav ohrožení. V rámci konkrétních lokálních populací však silniční doprava riziko představuje.

Pakliže bude docházet k významnému oteplování klimatu, je třeba počítat i se změnami v přítomnosti, chování, prostorové aktivitě a jiných projevech chování hadů. Důvody, které je odrazovaly od pobytu na silnici, či je sem naopak přitahovaly, mohou pominout. Změny klimatu navíc mohou být vážným stresujícím faktorem ovlivňujícím přítomnost hadů na dané lokalitě i bez přítomnosti aut.

Maximální vzdálenost, do které lze vysledovat významný vliv silnice na herpetofaunu (a samozřejmě nejen na ni), se nazývá „zóna vlivu silnice“. Pohybuje od méně jak 200 m (nepříliš pohyblivé druhy) do více jak 2 km (kupř. některé druhy severoamerických želv) (Forman & Alexander 1998, Forman 2000). Populace velkých hadů může být silniční mortalitou do vzdálenosti cca 0,5 km významně naředěna. Craig Rudolph et al. (1998) uvádějí v případě chřestýšů *Crotalus horridus* o více jak 50 % naředění do vzdálenosti 450 m od silnice a hustota hadů nedosahovala normálu ještě ve vzdálenosti 850 m.

Pomocí následující rovnice, kterou stanovili Gibbs & Shriver (2002) a upravili Hels & Buchwald (2001) lze odhadnout pravděpodobnost, s jakou bude daný jedinec na silnici zabit. Jedná se o výpočet aplikovatelný jak na hady, tak na ostatní plazy včetně želv či na obojživelníky.

$$P_{\text{zabití}} = 1 - e^{-Na/v}$$

N = hustota provozu daná počtem aut na jeden jízdní pruh za sekundu, při 80ti procentním objemu denního provozu (u striktně diurnální druhů počítat hustotu provozu pouze v denních hodinách tj. cca 80% z celého dne)

a = šířka smrtící zóny = šířka dvou pneumatik na jízdní pruh ($2 \times 0,25$ m) + dvojnásobek váženého průměru délky SVL hada

v = rychlost pohybu daného druhu (m/s)

Výpočet roční silniční mortality pomocí vztahu vyvinutého autory Hels & Buchwald (2001) a modifikovaného autory Gibbs & Shriver (2002, 2005):

$$\text{silniční mortalita} = 1 - (1 - P_{\text{zabití}})^n \text{ překročení}$$

n překročení = odhadnutý počet překročení silnice „typickým“ jedincem daného druhu za rok

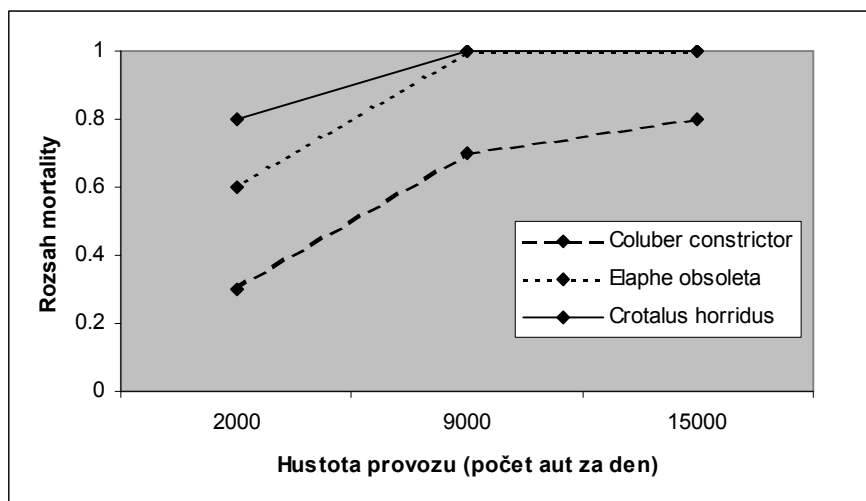
Je zřejmé, že slabým místem bude stanovení počtu překročení silnice v průběhu roku. Roe et al. (2006) tuto hodnotu stanovovali na základě údajů o pohybové aktivitě hadů v daném území, a to pomocí telemetrie.

Zvýšené riziko nárůstu mortality vlivem zabíjení na silnici lze očekávat tam, kde se nová vozovka přiblíží k akvatickému biotopu, či dokonce dva takovéto biotopy oddělí. Akvatické resp. semiakvatické druhy hadů často závisejí jak na vodním tak i na terestrickém biotopu, přičemž terestrická území těmito hady vyhledávaná (zimoviště, kladiště, atd.) mohou být od vody dost vzdálená, což vyvolává nutnost dlouhých přesunů (Burke & Gibbons 1995, Buhlmann & Gibbons 2001, Gibbons 2003, Roe et al. 2003, Semlitsch & Bodie 2003, Roe et al. 2004).

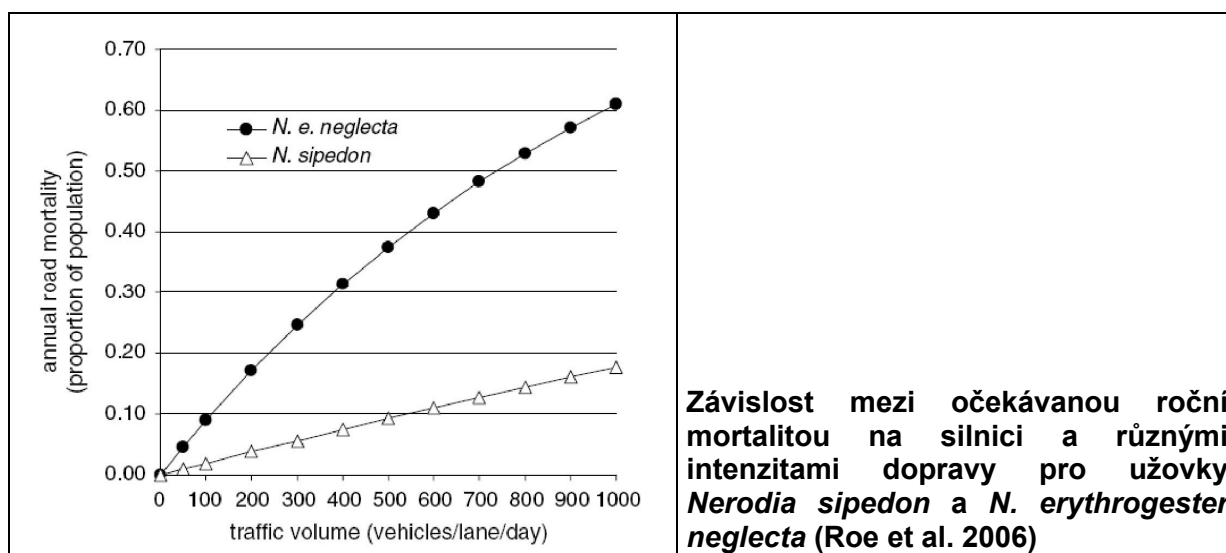
Roe et al. (2006) zjistil, že zatímco míra pohybu mimo akvatický biotop, a tím i pravděpodobnost zabití na silnici, se v rámci daného druhu (vodní užovky rodu *Nerodia*) může lokalitu od lokality lišit, mezidruhové rozdíly v přesunech a využívání terestrických biotopů, a tím i rozdíly v pravděpodobnosti zabití na silnici, zůstávají zachovány (mají obecnou platnost).

Z důvodů ochrany herperofauny mokřadních biotopů navrhli Semlitsch & Bodie (2003) v podmínkách severní Ameriky zavedení ochranné zóny sahající minimálně 350 m od daného akvatického biotopu. Tento přístup však nezohledňuje migrace semiakvatických plazů mezi jednotlivými mokřady resp. vodními tělesy. Přitom právě tyto přesuny zřejmě patří k nejčastějším pohybům mimo vlastní akvatický biotop a zahrnují většinu mortality způsobené silniční dopravou. Výrazně méně zabití na silnicích připadá na přesuny mezi vodou a terestrickými refugii. Roe et al. (2006) uvádí v případě užovky *Nerodia sipedon* a *N. erythrogaster neglecta* že více jak 91 % překročení silnic resp. zabití na silnicích připadá právě na přesuny mezi sousedními akvatickými biotopy. Stejná situace byla pozorována i u dalších semiakvatických plazů (Buhlmann 1995, Graham et al. 1996, Piepgras & Lang 2000, Joyal et al. 2001). Především proto právě v místech, kde silnice přetíná či v budoucnu má přetnout prostor mezi dvěma mokřadními biotopy, je třeba uvažovat s vybudováním systému zábran a propustků, které umožní bezkonfliktní migrace akvatických plazů.

Následující dva grafy ukazují výsledky výpočtu závislosti rozsahu mortality na dopravní intenzitě.



Závislost mezi očekávanou roční mortalitou na silnici a různými intenzitami dopravy pro různě pohyblivé druhy hadů *Coluber constrictor*, *Elaphe obsoleta* a *Crotalus horridus* (Andrews & Gibbons 2005b).



Závislost mezi očekávanou roční mortalitou na silnici a různými intenzitami dopravy pro užovky *Nerodia sipedon* a *N. erythrogaster neglecta* (Roe et al. 2006)

4.2. Pohybová aktivita

Druhové bohatství plazů a obojživelníků daného území nejlépe vysvětlovala dle Burbrink et al. (1998) blízkost území, které lze pro dané druhy definovat jako jádrové a dále stupeň heterogenity biotopů. Sezónní změny ve využívání biotopů patří k častým rysům biologie mnoha druhů hadů (Reinert 1993), stejně tak jako i jiných plazů (Paulissen 1988). Sezónní pohyby temperátních oviparních hadů většinou vykazují následující fáze: (1) rychlý pohyb ven ze zimovišť, (2) usedlost či pohyb po malém území kde loví potravu, páří se a svlékají se, (3) pohyb samic na kladiště a (4) většinou dlouhé přesuny obou pohlaví do zimovišť (Cobb 1994, Jochimsen 2005). Jedná se o jakousi smyčku a hadí populace jsou tudíž citlivé na zachování konektivity území v rámci této smyčky. Pakliže silnice oddělí letní a zimní oblasti, lze očekávat, že populace bude trpět značnou mortalitou (Jochimsen 2005).

Krátké přesuny na vzdálenosti do 100 m mají u užovek *Elaphe obsoleta* velmi často vztah k obstarávání potravy (Blouin-Demers & Weatherhead 2001c). Vedle periodických změn v dostupnosti potravy (King & Duvall 1990, Madsen & Shine 1996) se jako další významný faktor přesunů a změn v biotopové preferenci projevují fyziologické procesy, především spojené s termoregulací (Webb J.K. & Shine R. 1998). Volba teplotně vhodných úkrytů může

být pro ektotermní živočichy velmi důležitá, jelikož jejich fyziologické procesy i chování jsou teplotně závislé (Stevenson et al. 1985). Kupříkladu u chřestýšů *Crotalus horridus* mělo zarůstání prostoru zimovišť vegetací za následek pokles početnosti druhu v daném území a vysekávání vegetace je považováno za ochránářsky prospěšnou aktivitu (Brown 1993).

Domovskou oblastí (tzv. home range) a pohybem hadů v rámci ní se poprvé zabývali Brown & Parker (1976). Termínem celková domovská oblast se nejčastěji u hadů míní území, po kterém se pohybují od zimovišť k letním oblastem a zase zpět (Hirth et al. 1969, Tiebout & Cary 1987). Domovská oblast v užším slova smyslu bývá někdy chápána jako místo s nejčastější přítomností resp. nejvyšší aktivitou. Někdy se tomuto prostoru říká jádrové území (Moore 1978) či centrum aktivity (Dixon & Chapman 1980).

Přehled literárních údajů o velikosti domovských oblastí různých druhů hadů zpracoval Macartney et al. (1988). Na základě jedenácti studií využívajících radiotelemetrické sledování po dobu delší jak jeden měsíc se pohybovala průměrná velikost domovské oblasti (100% MCP) od 0,6 ha do 50,9 ha (ø 11,6 ha). Nejvyšší hodnota však zahrnuje i pohyby z resp. do zimoviště a když ji vyloučíme, poklesne průměrná velikost domovské oblasti na 7,7 ha (Blouin-Demers & Weatherhead 2002a).

Domovské oblasti užovek *Elaphe obsoleta*

- | | |
|------------------------------------|-------------------|
| 1) dle Weatherhead & Hoysak (1989) | 2,56 ha 100 % MCP |
| 2) dle Durner & Gates (1993) | 9,49 ha 100 % MCP |

Údaje o domovských oblastech užovek *E. obsoleta* získaných velmi rozsáhlou analýzou (Blouin-Demers & Weatherhead 2002a) uvádí následující tabulka

	prům ± SE	max	min
plocha 100 % MCP	18,5 ha ± 2,5	93,2	1,2
plocha 95 % MCP	15,3 ha ± 2,2	89,4	0,8
vzdálenost 100 % MCP od zimoviště	445,4 m ± 85,9	3985,0	
vzdálenost 95 % MCP od zimoviště	459,7 m ± 85,7	3985,0	

Poznámka: MCP = minimální konvexní polygon (metoda výpočtu plochy domovské oblasti)

Z výše prezentovaných údajů jsou zřejmé velké rozdíly v domovských územích mezi jednotlivými hady, přičemž u užovek je zcela běžné překrývání domovských oblastí jak mezi jedinci stejného pohlaví tak i mezi jedinci odlišných pohlaví a časté je i široké překrývání domovských oblastí jedinců ze sousedních zimovišť.

S postupující fragmentací biotopů vzrůstá především u malých populací riziko imbrední deprese a genetického driftu, tj. faktorů zhoršujících přežívání. Hadí často zimují ve společných zimovištích. Kupříkladu Blouin-Demers et al. (2000a) uvádějí v případě užovky *Elaphe obsoleta*, že pohromadě obvykle zimuje 10 až 60 hadů. Brown & Parker (1976) pozorovali, že užovky *Coluber constrictor* se ve dvou třetinách případů vracejí každým rokem do zimovišť identickými migračními trasami. Pakliže jsou tato společná zimoviště v území rozložena na základě pohybových schopností hadů, lze očekávat genetickou podobnost u hadů zimujících v daném zimovišti resp. genetické rozdíly mezi jednotlivými zimovišti (Gregory 1982). Jelikož genetická konektivita mezi populacemi je udržována za situace, kdy dojde alespoň k jednomu efektivnímu mezipopulačnímu páření za generaci, není překvapením, že v případě užovky *E. obsoleta* nebylo nalezeno žádné genetické strukturování mezi jedinci ze zimovišť vzdálených méně jak 6 km (Prior et al. 1997, Loughheed et al. 1999). Výměnu genetického materiálu lze tudíž očekávat na velkou vzdálenost a (Blouin-Demers & Weatherhead 2002a) se domnívají, že jedinci ze zimovišť vzdálených 8 km se mohou reprodukčně setkat. Jelikož u hadů je častá velká věrnost danému zimovišti, kupř. u zmíněných užovek 98 % (Prior et al. 2001), lze očekávat, že

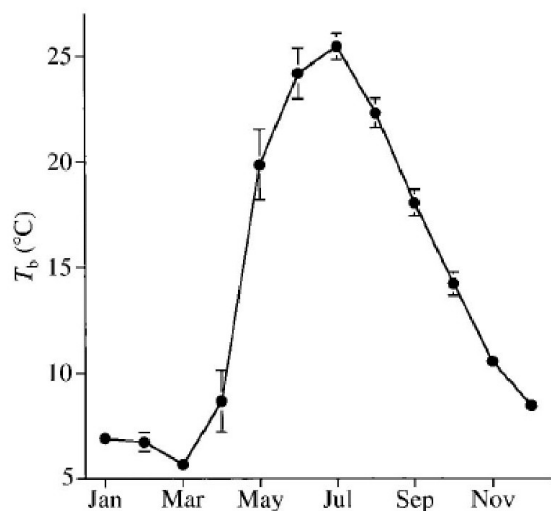
komunikace mezi zimujícími populacemi je ve zvýšené míře zajišťována buď juvenilními hady, nebo že dochází k intenzivní reprodukční komunikaci mezi jedinci z různých zimovišť (Blouin-Demers & Weatherhead 2002a). Tito autoři opravdu prokázali, že užovky *E. obsoleta* se ve vztahu k rozložení zimovišť pohybují na značnou vzdálenost a že jedinci z různých zimovišť měli mnoho příležitostí se navzájem setkávat. Samci byli více pohybliví než samice a samice byly nepohyblivější v reprodukčním období. Samice zároveň také snášely svá vejce daleko od svých zimovišť, což zvyšovalo pravděpodobnost, že jejich mláďata najdou cestu do jiných než mateřských zimovišť. Zdá se tudíž, že chování obou pohlaví směřuje k reprodukci mimo okruh jedinců vlastního zimoviště. Místa pozorování pářících se samců tohoto druhu byla v průměru stejně vzdálena od vlastních zimovišť jako činila průměrná vzdálenost mezi jednotlivými zimovišti. Naopak místa pozorování pářících se samic se v průměru nacházela ve vzdálenosti odpovídající pouze polovině vzdálenosti mezi vlastním a nejbližším sousedním zimovištěm.

Obecně se samci pohybují ve větších vzdálenostech od svých zimovišť než samice. S ohledem na rozložení jednotlivých zimovišť v okolí a na pohybovou aktivitu obou pohlaví v době reprodukce bylo možno očekávat, že libovolná samice se setká ze samci náležejícími až k osmi cizím zimovištím.

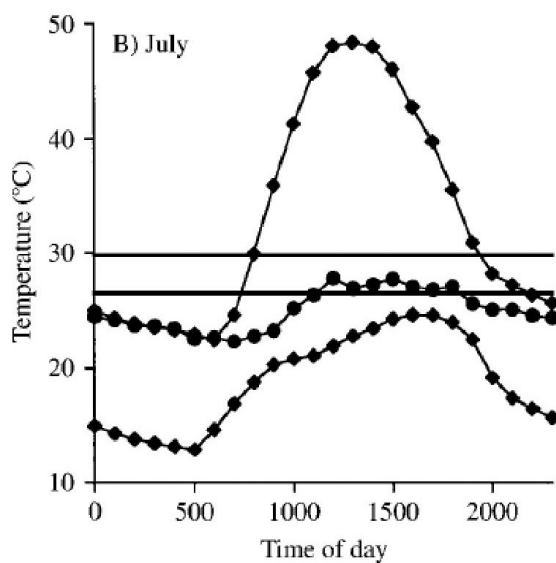
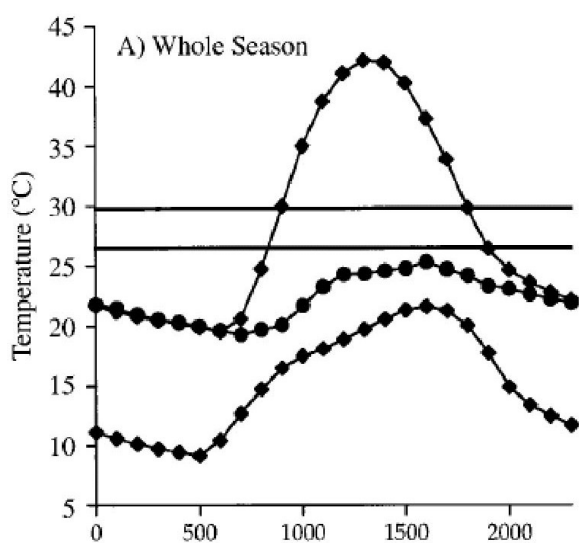
Genetickou odlišnost lze u užovek *Elaphe obsoleta* pozorovat mezi populacemi ze zimovišť vzdálených 15 km, což znamená, že jedinci z takto vzdálených zimovišť se již nesetkají a že vajíčka nejsou kladena dále jak 4 km od mateřských zimovišť.

4.3. Proč hadi vstupují na silnici

Jelikož většina fyziologických procesů je teplotně závislých, změny v tělesné teplotě ektotermních živočichů zásadním způsobem ovlivňují jejich fyziologii a tím i „fitness“ včetně reprodukční úspěšnosti a přežívání (Christian & Tracy 1981, Hertz et al. 1982, Arnold & Bennett 1984, Huey & Kingsolver 1989). U hadů, jakožto představitelů terestrických ektotermních živočichů, je tělesná teplota ovlivňována jejich chováním, tj. optimálním načasováním své aktivity a vhodnou volbou prostředí s optimální teplotou. Jejich přítomnost v území resp. vazba na určité biotopy tak z významné části odráží požadavky na termoregulaci. Výrazněji se tato skutečnost projevuje v chladnějších oblastech, tj. kupříkladu ve vyšších nadmořských výškách či na severní hranici druhového areálu. V těchto klimatických podmínkách tak mohou hadi osidlovat jiné typy biotopů, než tomu bývá v tepelně příznivějších oblastech. Konkrétní ukázkou je užovka *Elaphe obsoleta*, která, byť obecně patří mezi obyvatele zalesněných území, na severu svého areálu vyhledává mnohem více otevřené biotopy resp. ekotony lesů a otevřených biotopů (Blouin-Demers & Weatherhead 2002b).



Průměrná tělesná teplota užovek *Elaphe obsoleta* z kanadské provincie Ontario za každý měsíc



Hodinové průměrné tělesné teploty (černé kroužky) a hodinové průměrné maximální a minimální teploty okolního prostředí pro celý rok (A) a zvláště jen pro červenec (B). Horizontální čáry odpovídají rozsahu preferovaných tělních teplot pro podmínky Ontario.

Lillywhite (1987) na základě rešerše literárních údajů týkajících se preferovaných tělních teplot 55 druhů hadů z pěti čeledí uvádí, že pro většinu druhů se tato preferovaná tělní teplota pohybuje v rozmezí 28 – 34°C, přičemž často je blízko 30°C.

Rozsah preferovaných teplot u užovek *Elaphe obsoleta* se pohyboval v rozmezí 26,5 - 29,8°C (ø 28,1°C), přičemž neexistovaly statisticky významné rozdíly mezi pohlavími, či gravidními samicemi a zbytkem populace. Přesto byla u gravidních samic především před a po kladení patrná snaha o udržování zvýšené tělní teploty (Blouin-Demers & Weatherhead 2001a).

V některých studiích bylo doloženo, že početnost hadů vzrůstá v „okrajových“ biotopech. Jedná se kupříkladu o užovky *Elaphe obsoleta* (Blouin-Demers & Weatherhead 2001c, Carfagno et al. 2006) či *Coluber constrictor* (Carfagno et al. 2006). Tato preference „okrajových“ biotopů je stejně silná na stanovištích přirozených stejně tak jako na stanovištích antropogenizovaných (Blouin-Demers & Weatherhead 2001c).

Carfagno et al. (2006) zjišťoval, zda zvýšená přítomnost severoamerických užovek *Elaphe obsoleta* a *Coluber constrictor* v „okrajových“ biotopech je způsobena zvýšenou přítomností malých savců. Jedná se o druhy, pro které mají savci a ptačí hnízda představují významný zdroj potravy (Klimstra 1959, Fitch 1963, Weatherhead et al. 2003). Na základě videomonitoringu hnízd bylo doloženo, že hadi v některých oblastech představují významné predátory ptačích hnízd a regulují početnost místních ptačích populací (Thompson et al. 1999, Morrison & Bolger 2002, Thompson & Burhans 2003). Přes doloženou zvýšenou přítomnost obou výše uvedených druhů hadů v „okrajových“ biotopech zde nebyla doložena také zvýšená přítomnost malých savců a Carfagno et al. (2006) tak tuto závislost vylučují, v čemž se shodují i s autory Blouin-Demers & Weatherhead (2001c). Tito autoři také zjistili, že ačkoliv přítomnost užovek v těchto biotopech byla hojná po celý rok, jejich početnost zde vzrůstala od května do srpna, tj. nejčetnější zde byly v době, kdy zde již žádná vejce či mláďata v hnízdech nejsou. Termoregulace (možnost snadné volby osluněného i zastíněného místa) tak bude zřejmě hlavní příčinou, proč hadi „okrajové“ biotopy vyhledávají, což však neznamená, že by tyto „okrajové“ biotopy byly pro obstarávání potravy nevhodné. O významu „okrajových“ biotopů pro termoregulaci hovoří také to, že se gravidní samice se zde zdržují častěji než samice negravidní či než samci. Tyto okrajové biotopy přitom ani neposkytují větší bezpečí před predátory. Gravidní samice ani vyšší snahu žít skrytě nevykazují (Blouin-Demers & Weatherhead 2001a, 2001c).

Zvýšené nároky na termoregulaci mají nejen gravidní samice, ale také obě pohlaví všech věkových kategorií před svlékáním, což opět může obecně pro hady favorizovat „okrajové“ biotopy.

V případě užovek *Elaphe obsoleta* považují Weatherhead & Charland (1985) a Blouin-Demers & Weatherhead (2001c) za ideální dostatečně strukturovaná území s mozaikou polí, lesů či luk nebo přirozených otevřených biotopů (suťoviska, mokřiny), kde fragmentace (rozčlenění neprostupnými bariérami) je natolik malá, že každému jedinci v rámci jeho domovské oblasti umožní kontakt jak s „okrajovými“ biotopy, tak se zalesněným územím.

Jako zajímavé se jeví zjištění, že někteří tropičtí hadi profitují z fragmentace rozlehlých pralesních celků (Henderson & Winstel 1995).

Důležitým faktorem ovlivňujícím rozsah silniční mortality je denní doba, kdy daný druh nejčastěji na silnici vstupuje. Jelikož teplotní heterogenita biotopů má na aktivitu plazů významný vliv, je zřejmé, že přítomnost komunikace libovolného typu musí mít na chování hadů žijících v okolí nějaký vliv. Obecně převažuje názor, že hady na silnici přitahuje zvýšená teplota jejich povrchu, což má za následek jejich zabíjení projíždějícími auty (Gibbons & Semlitsch 1987, Ashley & Robinson 1996). Kupříkladu během časného jara se samci *Vipera latastei* či *V. seoanei* často vyhřívají na silnicích (Brito & Alvares 2004). Naopak Row et al. (2007) nenalezl u žádné kategorie (dospělí samci, gravidní samice) dospělých jedinců druhu *E. obsoleta* ani v žádné části roku statisticky významný nárůst počtů překročení vozovky. Zdůrazňováno je především vyhřívání v odpoledních hodinách.

Minimálně v případě nezpevněných komunikací, jejichž povrch je tvořen světlým štěrkem, však může docházet k paradoxní situaci, kdy teplota takového povrchu je nižší než v okolní louce (někdy až o 5°C). Zcela odlišnou situaci lze očekávat u asfaltové silnice s tmavým povrchem. Teploty na takovémto povrchu bývají více méně stejné jako v okolí, ale situace se mění navečer, kdy povrch silnice vychládá pomaleji a teploty zde jsou tudíž vyšší. Teplotní rozdíly tak mohou u obou typů komunikací činit ve srovnání s okolními biotopy i 5°C, ale průběhem změn se dramaticky liší, a to jak ve směru rozdílu (asfaltová silnice je teplejší než okolí, štěrková silnice je naopak chladnější než okolí), tak i doby největšího rozdílu (ráno je štěrková cesta výrazně nejchladnější a naopak večer je asfaltová cesta výrazně nejteplejší). Z výše uvedeného lze tudíž předpokládat, že dopravou na silnicích s tmavým povrchem budou ohroženi ve zvýšené míře hadi s noční či soumráchnou aktivitou. Naopak denní hadi na silnici večerní gradient teplot nepřiláká (Shine et al. 2004).

4.4. Podíl mladých hadů mezi přejetými

Vysoký podíl mladých hadů mezi zabitými je zřejmě častým jevem (Ciesiolkiewicz et al. 2006), přičemž tento nepoměr se dá očekávat především v úsecích s blízkostí líhnišť a u druhů s větším počtem narozených mláďat či nakladených vajec. Pohyb mláďat z líhnišť představuje zřejmě nejvýznamnější zdroj silniční mortality (Bonnet et al. 1999).

Věkově (případně i pohlavně) závislé rozdíly v biotopových preferencích, potravním či reprodukčním chování a prostorové aktivitě resp. migracích se následně projeví v rozdílné míře silniční mortality a to především v oblastech s vysokou hustotou silnic či jiných urbánních struktur (Mumme et al. 2000, Marchand & Litvaitis 2004, Steen & Gibbs 2004).

Lze očekávat, že k prudkému nárůstu přejetých mladých hadů bude docházet v době jejich líhnutí, tj. v druhé polovině léta. Nemusí se ale jednat o obecnou pravdu. Kupříkladu u užovky *Natrix natrix*, kde může docházet i k podzimnímu páření (Güther & Vökl 1996, Kabisch 1999) a mladí hadi se tudíž líhnou již na jaře, případně vejce mohou přezimovat, lze očekávat nárůst přejetých mladých hadů již na jaře (Ciesiolkiewicz et al. 2006).

Mezi všemi ostatními vlivy se na nárůst počtu přejetých hadů výrazně podílí teplota. S jejím nárůstem přibývá i počet přejetých mladých hadů. Je to způsobeno jednak obecně vlivem teploty na aktivitu hadů a dále na proces inkubace a líhnutí. Tato korelace se stává zvláště markantní v chladných letech či obdobích, kdy následné oteplení urychlí líhnutí mladých hadů a následné zvýšení jejich pohybové aktivity, projevující se pohybem od líhnišť a následnou mortalitou na silnici.

Ciesiolkiewicz et al. (2006) nikdy u čerstvě vylíhlých užovek *Natrix natrix* nepozorovala, že by se vyhřívaly na silnici. Naopak byl často pozorován rychlý pohyb mladých přes silnici, často v pravém úhlu.

4.5. Mezidruhové rozdíly v mortalitě na silnicích a chování hadů na vozovce

Většina studií zabývajících se mortalitou živočichů působenou silniční dopravou se týká velkých či středně velkých savců, případně obojživelníků. Vliv na populace plazů je studován méně často (Case 1978, Bernadino & Dalrymple 1992, Rosen & Lowe 1994, Ashley & Robinson 1996, Gokula 1997, Clevenger et al. 2003), přitom kupříkladu hadi patří mezi druhy živočichů často postihované silniční mortalitou (Klauber 1939, Bernardino & Dalrymple 1996).

Důvody, proč jednotlivé druhy plazů na silnici vstupují či naopak se jim vyhýbají nejsou příliš dobře známy (Shine et al. 2004). Pakliže by se daný druh silnicím aktivně vyhýbal, kromě fragmentace biotopu by silnice nepředstavovala žádné riziko. Naopak nebezpečí zabíjení by

výrazně rostlo u těch druhů, které by silnici vyhledávaly kupříkladu z důvodu termoregulace. A mnoho druhů plazů opravdu silnice z tohoto důvodu v nočních hodinách vyhledává (Klauber 1956, Gibbons & Semlitsch 1987, Rosen & Lowe 1994, Ashley & Robinson 1996, Gokula 1997). Umístění silnice do území může mít vliv i na reprodukci, neboť je známo, že hadi často kladou svá vejce v místech lesních okrajů či průseků, kde bývá tepleji než uvnitř porostu (Zuiderwijk et al. 1993, Shine et al. 2002). Toto potvrzuje i Ciesiolkiewitz et al. (2006). Počet přejetých mladých užovek *Natrix natrix* významně koreloval s délkou lesních okrajů.

Znalost modifikace chování daného druhu plaza, jakožto reakce na přítomnost nové silnice v území, může být důležitá pro pochopení, nakolik nová silnice ovlivní místní populaci daného druhu (Shine et al. 2004). Jsou kupříkladu známy případy, kdy hadi pro překročení silnice aktivně vyhledávali existující propustě pod silnicí (*Pituophis melanoleucus*), či kdy pro bezpečné překonání aktivně „sledovali“ intenzitu dopravy (*Masticophis flagellum*) (Dodd et al. 1989).

Důkladné sledování živočichů zabitých na silnicích poskytuje věrný obrázek toho, jaké druhy tyto silnice tím či oním způsobem využívají, či musí využívat pro svůj život. Otázkou však zůstává, zda velký počet zabitých jedinců daného druhu také odráží jeho hojnost v okolních biotopech, či zda existují nějaké faktory selektující mortalitu. Je zřejmé, že zatímco některé druhy trpí silniční mortalitou ve zvýšené míře, jiné disponují mechanismy, které jim umožňují se s tímto problémem vypořádat snadněji (Seigel & Pilgrim 2002, Jochimsen 2005). U těchto druhů představuje silnice spíše než zdroj přímé mortality bariéru ve smyslu populační stability (Andrews 2003).

Množství a druhové složení zabitých živočichů (v tomto případě hadů) ovlivňuje řada faktorů. Svůj význam má rychlost projíždějících aut, objem dopravy, rozložení dopravy v průběhu dne, topografie terénu, dostupnost porostu a dalších úkrytů v okolí a dále parametry tělesa vozovky jako kupříkladu její pozice vůči okolnímu terénu (v zářezu či v náspu) (Clevenger et al. 2003). Na mortalitu má vliv také biologie daného živočišného druhu (Andrews 2003). Obecně ohroženější jsou druhy se zvýšenou vagilitou (Gregory & Stewart, 1975; Slip 1986, Shine 1993, Rosen & Lowe 1994, Aldridge & Brown 1995, Shine & Fitzgerald 1995, Bonnet et al. 1999) či podnikající dlouhé přesuny (Dodd et al. 1989, Steen & Gibbs 2004, Bonnet et al. 1999, Carr & Fahrig 2001), druhy aktivně vyhledávající potravu (Bonnet et al. 1999) či druhy ochotné vstupovat do otevřených biotopů (Gibbs 1998; de Maynadier & Hunter 2000), druhy využívající biotopy podél silnic (Aresco 2005a) a druhy jejichž aktivita koresponduje s periodami nejvyšších denních dopravních intenzit (Rosen & Lowe 1994, Hels & Buchwald 2001).

Intenzivní silniční mortalita se většinou koncentruje do relativně krátkého období okolo období páření, migrace ke kladištím a líhnutí resp. rození mladých. Pro málo pohyblivé druhy, obývající malá území, z kterých nepodnikají větší přesuny (kupř. zmije *Vipera berus*), nepředstavuje antropogenní mortality (v tomto případě mortalita silniční) významné riziko.

Jelikož biologie každého druhu hada je unikátní, liší se hadi i ve svém chování při kontaktu se silnicí, ochotou ji překonávat a ve svých reakcích na projíždějící auta. Zatímco některé druhy silnice bez problému překonávají, jiné se jim aktivně vyhýbají. Ekologie jejich chování zahrnující obranné mechanismy proti predátorům a tím i reakce na ohrožení a obecně neznámo jakým je kupříkladu i otevřený prostor a projíždějící auta, je vysoce determinující pro rozhodování se v takovýchto situacích. Kupříkladu to, jak se hadi chovají poblíž silnice, je pravděpodobně ovlivněno skutečností, zda mají ptačí predátory a jak se vůči nim chovají (útěk, aktivní obrana, kryptické zbarvení). Andrews & Gibbons (2005a) pozorovali, že malé druhy hadů vykazují významně menší tendenci vstupovat na silnice, což vysvětlují jednak jejich menší pohyblivostí, ale především jejich neochotou vystavovat se na otevřeném prostranství útokům ptačích predátorů (Fitch 1999; Gibbons & Dorcas 2005).

Hlavní vnější a vnitřní faktory ovlivňující, zda had „vstoupí“ na silnici a úspěšně ji překoná (Andrews 2003)

Faktory vnitřní (had)	Faktory vnější (silnice)
druh hada	geografická lokalizace / sousední biotopy
tělesná velikost či věk	počasí
pohlaví	materiál vozovky
reprodukční kondice	stáří vozovky
rytmus aktivity	šířka
tendence k disperzi (obstarávání potravy, hibernace, páření)	fluktuace v dopravních intenzitách
obrané mechanismy	hustota provozu
rychlost pohybu	chování řidičů

Jedovaté druhy hadů zřejmě díky svým obranným mechanismům překonávají silnice pomaleji (Gibbons and Dorcas 2005, Fitch 1999, Andrews & Gibbons 2005a).

Obecně samozřejmě platí, že s prodlužující se dobou strávenou na silnici se také zvyšuje i riziko zabití. Prodloužení pobytu na silnici nemusí být způsobeno jen pomalým pohybem ale také zmrazením pohybu při projetí automobilu. Mezi hady se jedná se o velmi běžnou reakci na auto. Takto se ale většinou chovají pouze v momentě, kdy auto projíždí kolem, nikoliv před a po. Obvykle pak rychle pokračují v pohybu (Andrews & Gibbons 2005b). Nicméně toto chování vykazují pouze do určité vzdálenosti od projíždějícího auta. Cílí-li se bezpečně resp. nachází-li se poblíž okraje silnice, na projíždějící auto nereagují a pokračují v pohybu. Především u větších druhů s dobře vyvinutými obrannými mechanismy (kupř. jedovatí hadi) však přerušení může trvat i více jak minutu a při větším množství aut tak had stráví na silnici výrazně delší dobu, než by se dalo čekat na základě běžné rychlosti jeho pohybu.

Negativní vliv přítomnosti silnice se projeví i tehdy, když daný druh hada na silnici vstupuje, ale má tendenci ji nepřekonávat, ale naopak se vrátit zpátky. V tomto případě hrozí vedle zvýšeného rizika zabití auty také nebezpečí rozdělení populace a genetické izolovanosti jejích částí. Hadi často překonávají silnice a širší cesty v kolmém směru tak, aby se zkrátila vzdálenost z jedné strany na druhou (viz *Thamnophis sirtalis parietalis* na následujícím foto).



(Shine et al. 2004)

Ke stejnému závěru došli i Ciesiolkiewicz et al. (2006) a Andrews & Gibbons (2005a, 2005b) dokonce píší, že jednotlivé druhy hadů se při překonávání silnice liší v rychlosti i v tendenci se silnicím vyhýbat, ale nikoliv v úhlu, pod kterým ji překonávají. Volí vždy kolmý směr. Po úvodním váhání a zkoumání situaci sladovaní hadi obvykle překročili silnici kolmým

směrem a „na jeden zátať“. Tímto chováním se výrazně liší od obojživelníků, kteří silnice překračují pod mnoha úhly. Hadí volí nekratší směr.

Dalším často pozorovaným chováním hadů, kteří se dostali k silnici, byl paralelní pohyb podél ní, případně že si drží svá domovská území paralelně se silnicí (Fitch 1999, Sealy 2002, Andrews & Gibbons 2005b, Shine et al. 2004). Tato pozorování ukazují na snahu hadů silnici se vyhnout resp. minimalizovat svůj pobyt na ní. Existují druhy hadů, kteří přesto že jsou často nacházeni na okrajích vozovky či v její blízkosti, vykazují jen malou ochotu ji překonávat.

Způsob překonávání silnic mohou také ovlivňovat olfaktorické stopy (Andrews & Gibbons 2005b), či počasí ... za teplého počasí hadi silnici překonávají rychleji (Blouin-Demers et al. 2003, Heckrotte 1967).

Vedle biologie konkrétního druhu hada je však třeba za nejzávažnější faktor ovlivňující mortalitu považovat umístění silnice do klíčového biotopu daného druhu. Toto zřejmě platí bez ohledu k jaké ekologické skupině daný had patří.

4.6. Sezónnost silniční mortality

Obecně lze očekávat velké rozdíly v počtech mrtvých hadů v průběhu roku (Dodd et al. 1989). Jochimsen (2005) v klimatických podmínkách amerického státu Idaho napočítal výrazně nejvíce přejetých hadů v září.

Ačkoliv nebezpečí zabití může doprovázet mnoho jiných aktivit – slunění, lov kořisti, páření (Gibbons & Semlitsch 1987; Gregory et al. 1987), jsou hadi největšímu riziku vystaveni především při pohybu a riziko zabití se zvyšuje, když daný jedinec opouští svoji domovskou oblast (Bonnet et al. 1999), což platí i pro silniční mortalitu.

Výše rizika predace či silniční mortality se liší mezidruhově a je různé podle sezóny, podle věku a pohlaví. Dokonce se liší v rámci i podle velikosti těla. Kupříkladu významně vyšší zastoupení dospělých samců rodu *Elaphe* s delším tělem zabitých na silnici oproti chyceným v úkrytech ukazuje, že velcí samci se zřejmě pohybují na větší vzdálenosti (Bonnet et al. 1999). Obdobné zjištění se týká také samců rodu *Coluber* (Bonnet & Naulleau 1996). Může přitom docházet k situaci, kdy samci sice překonávají větší vzdálenosti, nicméně jejich pohyb je omezen na méně dní než u samic (ty se pohybují sice častěji, ale na menší vzdálenosti (King & Duval 1990).

Uvnitř daného druhu je mortalita největší u věkových kategorií resp. pohlaví s nejdelšími přesuny a v době, kdy k takovýmto přesunům dochází - především u dospělých samců v době páření, čerstvě vylíhlá resp. narozená mláďata a dospělé samice v době migrací ke kladištím (Bonnet et al. 1999, Jochimsen 2005). Toto opět platí jak pro riziko přirozené predace, tak i pro silniční mortalitu. V jednom se však tyto dva zdroje mortality liší. Zatímco u přirozené mortality působené dravými ptáky se riziko zabití snižuje s přibývajícím velikostí hada, u silniční dopravy tomu tak není.

předpoklad	dohromady	Coluber	Elaphe	Natrix	Vipera
Vysoká mortalita juvenilů	**	**	-	**	-
Mortalita juvenilů během migrace z lůhniště/místa narození	**	**	**	+	-
Nízká mortalita subadultů	**	**	**	**	-
Mortalita subadultů bez vlivu sezóny	+	+	+	+	+
Velmi vysoká mortalita dospělých samců	**	**	**	No	*
Mortalita samců nejvyšší během období páření	**	**	**	-	-

Vejcorodé samice jsou zabíjeny během období kladení	**	**	**	**	ND
Tělesná velikost bez vlivu na mortalitu dospělých samic	ND	+	+	ND	ND
Tělesná velikost ovlivňuje mortalitu samců	ND	-	**	ND	ND

** statisticky významné

+ existující trend ale bez statistické významnosti

- žádný trend

No statisticky podložený nesouhlas

ND nedostatečná data pro test

(Bonnet at al. 1999)

Nebezpečí nárůstu silniční mortality samců u většiny druhů hadů se zvyšuje v době, kdy samci vyhledávají samice a pohybují se po výrazně větším území (Reinert & Zappalorti 1988b, Martin 1992, Aldridge & Brown 1995, Craig Rudolph et al. 1998). V tomto období lze očekávat největší mezipohlavní rozdíly v silniční mortalitě.

Úzkou vazbu má nárůst silniční mortality hadů na pohybové aktivity spojené s pářením a kladením vajec. V případě severoamerických užovek *Thamnophis sirtalis* byla silniční mortality pozorována během celého jara a počátku léta a následně pak v období srpen až říjen poklesla přibližně na 20 %. Termoregulace byla dominantní příčinou mortality (Ashley & Robinson 1996).

V případě zmijí *Vipera latastei* a *V. seoanei* ze severního Portugalska bylo zjištěno, že mezi jedinci zabíjenými na silnici převažují samci (64% resp. 72%). U obou druhů mezi zabíjenými převažovali dospělí jedinci (79% resp. 72%). Toto platilo i pro každé pohlaví zvláště. Zatímco dospělí samci *V. latastei* byli nejčastěji nacházeni zabití na jaře a na podzim, dospělé samice v létě a nedospělí jedinci nejčastěji na jaře. Dospělí samci a nedospělí jedinci *V. seoanei* byli nejvíce zabíjeni na jaře, zatímco dospělé samice na podzim (Brito & Alvares 2004). Větší podíl přejetých dospělců je u obou druhů přičítán větší pohybové aktivitě ve srovnání s jedinci nedospělými (Brito 2003b). Zvýšená silniční mortality samců oproti samicím je obecným rysem u mnoha viperidů a má vztah ke zvýšené pohybové aktivitě při vyhledávání partnerky (Duvall et al. 1993). V případě chřestýše *Crotalus horridus* pozorovali Aldridge & Brown (1995) dokonce až 13x vyšší počty zabíjených samců na silnicích. U evropských zmijí samci obecně zvyšují svoji reprodukční úspěšnost pářením s více samicemi (Madsen & Shine 1994) a kupříkladu u samců *V. latastei* bylo pozorováno, že během reprodukčního období ztrojnásobí svoji pohybovou aktivitu a v této době se pohybují až po šestinásobném území (Brito 2003a). Samice obou druhů ke konci březosti obvykle neprijímají potravu. Naopak po vykladení mláďat se jejich lovecké úsilí zvýší. S tím také roste jejich podíl mezi přejetými hady. Jelikož *V. seoanei* rodí mláďata později, je také tento nárůst mortality u nich opožděnější (Brito & Alvares 2004).

Změna v četnosti zabíjených hadů daného druhu na silnici může být vyvolána nejen změnami v jejich pohybové aktivitě, ale také změnou aktivity v rámci 24 hodin. Některé druhy hadů vykazují z jara a na podzim aktivitu denní, zatímco během léta dojde k „přehození“ na aktivitu noční. V letních měsících objem dopravy obecně vzrůstá. V rámci rodu *Elaphe* se jedná kupříkladu o druh *E. guttata*, zatímco *E. obsoleta* zůstává denním hadem i v létě.

Ve smyslu dopadu na danou lokální populaci se jako nejnebezpečnější jeví mortality dospělých samic oviparních druhů, přesouvajících se ke kladištím. Ztráta těchto samic je z hlediska životaschopnosti populace velmi významná, zatímco ztráta stejného množství samců či mláďat je mnohem méně podstatná (Bonnet at al. 1999). Naštěstí jsou migrace samic ke kladištím predikovatelná jak ve smyslu času, tak i místa. Na rozdíl o samců hledajících partnerky k páření, využívají samice přesouvající se ke kladištím poměrně úzce

vymezené koridory a tyto trasy zůstávají meziročně stabilní. Tato skutečnost zvyšuje šance na úspěšnost ochranných opatření (Bonnet et al. 1999).

U většiny druhů oviparních plazů opouštějí samice svá vejce krátce po jejich naklazení. Zatímco samci *Elaphe obsoleta* jsou reprodukčně aktivní každoročně, samice se v průměru rozmnožují jednou za 2 až 3 roky, i když některé samice mohou klást vejce i ve dvou sezónách po sobě (Blouin-Demers & Weatherhead 2002a). Volba kladiště tak zůstává jediným chováním, které lze nazvat rodičovskou péčí. Je dobře známou skutečností, že podmínky inkubace ovlivňují fenotyp mláďat v takovém rozsahu, že determinují jejich následné přežívání a úspěšnost (fitness) (Qualls & Andrews 1999, Brana & Ji 2000, Janzen & Morjan 2002), a to včetně tak významných atributů, jako je pohlaví (Bull 1980, Rhen & Lang 1998, Valenzuela 2001). U hadů však není známa existence vlivu teplot při inkubaci na pohlaví mláďat. Skrze vhodnou volbu kladiště mohou samice maximalizovat fitness svých potomků a tím i svoji reprodukční úspěšnost.

Důležitými fyzikálními parametry ovlivňujícími inkubaci vajec jsou teplota, vlhkost a výměna plynů (Packard & Packard 1988). V tomto smyslu optimální podmínky často poskytuje tlející biomasa nejrozumnějšího původu. Klazení vajec do přiměřeně tlející rostlinné hmoty je doloženo u vícero skupin plazů (Hecnar 1994).

Vhodné podmínky v kladišti mohou urychlit inkubaci (Qualls & Shine 2000) a zvýšit šance na přežití mladých hadů díky jejich větším rozměrům při líhnutí (Jayne & Bennett 1990; Bronikowski 2000) či zvýšeným pohybovým schopnostem (Jayne & Bennett 1990).

U mnoha plazů je běžné, že dochází ke společnému klazení více samic na jedno místo. Existence hromadných kladišť bývá vysvětlována především dvěma důvody – obecným nedostatkem jiných kvalitních míst pro inkubaci vajec v území (Fitch 1954, Cooper et al. 1983) a jako strategií pro snížení predace vajec (Fitch 1954).

Kupříkladu u užovek *Elaphe obsoleta* je dobře doloženo, že tyto hadi často kladou svá vejce do společných kladišť, která jsou více tradiční (častěji se sem opakovaně samice v následujících letech vrací), než kladiště individuální. Lze tudíž očekávat, že podmínky v těchto kladištích budou optimálnější ve srovnání s kladišti individuálními (Blouin-Demers et al. 2004). Tito autoři zjistili, že průměrná teplota ve společných kladištích byla přibližně o 5°C vyšší než v kladištích individuálních. Vajíčka v teplejších podmínkách se líhla v průměru o 9,5 dne dříve a mláďata z těchto teplejších hnízd byla větší, pohyblivější, měla méně anomálií štítků a méně spoléhala na obranné defenzivní chování při vyrušení.

Urychlení inkubace může být zvláště důležité na severním okraji druhového areálu či ve vyšších nadmořských výškách (Bobyne & Brooks 1994), kde mladí hadi nemají mnoho času do nástupu zimy (Blouin-Demers et al. 2004). V případě užovky *Elaphe obsoleta* dospělí hadi často zimují ve společných zimovištích, která jsou tradiční a kam se mladí jedinci jen zřídka dostávají před svým sedmým rokem života (Blouin-Demers et al. 2000a, Blouin-Demers & Weatherhead 2002). Ve srovnání s mláďaty z individuálních kladišť tak mají mladí hadi ze společných kladišť více času nalézt před nástupem zimy vlastní vhodná zimoviště. Také reakci mláďat z teplejších kladišť na ohrožení, spočívající v rychlém úniku spíše než v hrozbě, lze pro přežití považovat za výhodu (Blouin-Demers et al. 2004). Konečně nižší výskyt anomálií štítků odráží také nižší výskyt anomálií na páteři včetně srůstů a duplikatur žeber, což signalizuje i lepší neonatální přežívání (Osgood 1978, Arnold & Bennett 1988, Merila et al. 1992, Forsman et al. 1994). Otázkou tedy zůstává, proč vůbec některé samice kladou svá vejce do individuálních kladišť? Odpovědí může být skutečnost, že v individuálních kladištích je nižší výskyt parazitů vajec. Obě tyto strategie tak za určitých podmínek mohou přinášet své výhody v podobě maximalizace reprodukční úspěšnosti. To, že individuální kladiště nebývají danými samicemi využívána v následujících letech

opakovaně může také nabízet vysvětlení, že tyto samice prostě ještě jenom nenalezly ona „ideální“ společná kladiště (Blouin-Demers et al. 2004).

4.7. Metodika sledování pohybu plazů v blízkosti silnice a propustky pod silnicí

Průzkum povrchů vozovek pomocí pravidelné kontroly daného segmentu silnice bývá často používán pro monitoring populací nejrůznějších skupin živočichů. Vedle studia rozsahu silniční mortality ptáků a savců je tato metoda již dlouho používána i pro studium obojživelníků a plazů (Fitch 1949, Kauffeld 1957). Hodí se pro studium populací squamát (Rodda 1990, Bernardino & Dalrymple 1992), želv (Haxton 2000), žab (Hels & Buchwald 2001) i ocasatých obojživelníků (Mazerolle 2004).

Počítání živých (AOR = alive on road resp. LOR = live on road) či mrtvých (DOR = dead on road) jedinců v daném prostoru je vhodný postup pro určení vlivu automobilové dopravy (silniční mortality) na populace živočichů obývajících okolní biotopy (Dodd 2004). Snadnost jejich provádění ve srovnání s monitoringem uvnitř přirozených biotopů bývá často důvodem těchto studií. U velkých druhů lze sčítání provádět z pomalu jedoucího auta, u druhů malých je třeba jít pěšky. Pravidelné procházení resp. pomalé projíždění určitého úseku silnice a počítání živých a mrtvých hadů v různých denních a ročních obdobích je standardně používanou metodou. Bylo vyvinuto několik matematických modelů, které na základě výše uvedených dat poskytují určitou představu o vlivech dopravy na místní populace plazů resp. hadů; viz kupříkladu Rosen & Lowe (1994). Jejich výsledky jsou však obtížně srovnatelné s podmínkami Česká republika, jelikož pocházejí z pouštních oblastí amerického jihozápadu. V jejich případě nejrůznější druhy hadů (20 druhů) často silnici překračovali resp. se na ní zdržovaly a velmi hojně zde docházelo k jejich zabíjení (více jak dvojnásobné množství nalezených mrtvých oproti živým a to i přesto, že mrtvé jedince často odstraňují nejrůznější denní i noční predátoři). Výpočtem došli k odhadu 22,5 zabitých jedinců / 1 km / rok. Prostým počítáním došli k číslům 1,34 LOR / 100 km a 3,22 DOR / 100 km. Price (1983) z obdobných podmínek v Novém Mexiku uvádí 2,09 LOR / 100 km a 1,64 DOR / 100 km. Jedná se samozřejmě o biotopově, klimaticky i geograficky neporovnatelné údaje, z kterých nicméně vyplývá velký podíl zabitých hadů.

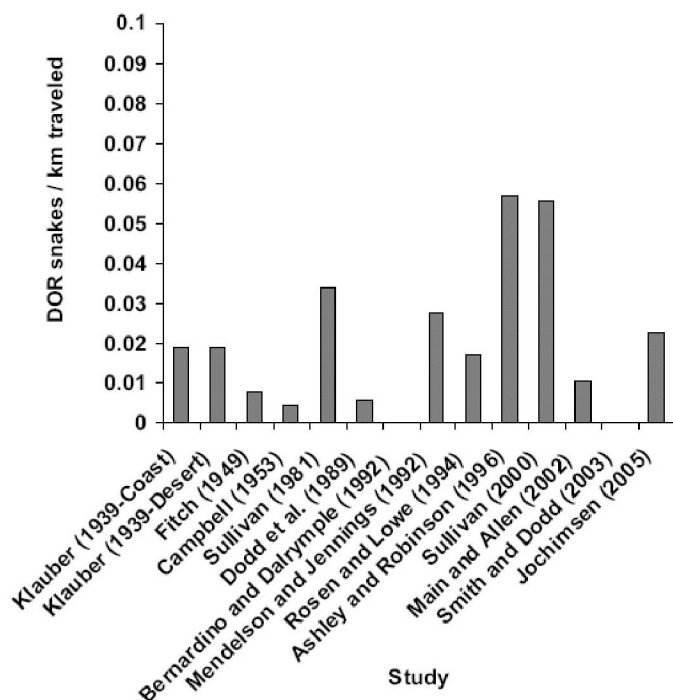
Tyto průzkumy zaměřené na počítání živých a mrtvých jedinců na silnicích bývají také často používány pro odhad stavu populací v okolí, pro hodnocení aktivity jedinců daného druhu, pro stanovení druhové diverzity. Při aplikacích těchto výsledků na okolní biotopy však je třeba jistá opatrnost (Steen & Smith 2006). Dodd et al. (1989) a Bonnet et al. (1999) se domnívají, že počet hadů zabitých na silnici poskytuje jen velmi nedokonalý přehled o početnosti jednotlivých druhů v okolí silnice a počítání hadů přejetých na silnici nemůže být podkladem pro opatření týkající se ochranných aktivit v okolních biotopech.

Chceme-li počítáním mrtvých živočichů na silnicích dojít k informaci o jejich přítomnosti, densitě, abundanci, poměru pohlaví a dalších demografických parametrech, je třeba kupříkladu počítat s velmi rychlým odstraňováním mrtvolek (především malých živočichů) z povrchu silnice predátory či opakovaným rozjížděním automobily. Dalším problémem může být fakt, že silnice některé druhy přitahují, jiné naopak odpuzují. Zkreslující může být také lokální ochuzení či naředění herpetofauny v okolí silnice, právě díky silniční mortalitě. Samozřejmě i pomalá jízda autem může způsobit přehlédnutí mrtvolek. Různé osoby s odlišnými pozorovacími schopnostmi také mohou pozorování provádět poněkud jinak, což opět bude zdrojem nepřesností. Jedním ze způsobů snížení chyb vznikajících „lidským faktorem“ je tudíž využívání stejné osoby po dobu celého průzkumu (Dodd 2004).

Druhy více specializované na určitý biotop či druhy málo pohyblivé budou pravděpodobně při silničním sčítání podhodnoceny. Ze stejných důvodů tak může docházet i k mylným interpretacím poměrů pohlaví či věkové struktury. Také klimatické podmínky daného roku mohou vyvolat či naopak utlumit pohyb jedinců daného druhu (především druhů s vazbou na

vodu) přes vozovku což opět zkreslí představu o populaci. Při porovnávání výsledků z různých oblastí je vhodné mít na zřeteli, že na široké silnici se najde více zabitých zvířat, než na silnici úzké či málo frekventované (Steen & Smith 2006).

Je zřejmé, že počty přejetých hadů se budou velmi lišit podle lokality, kterou daná silnice prochází. Pouze pro informaci dokladující způsob porovnávání silniční mortality mezi lokalitami je uveden následující graf, porovnávající různé silnice ve Spojených státech.

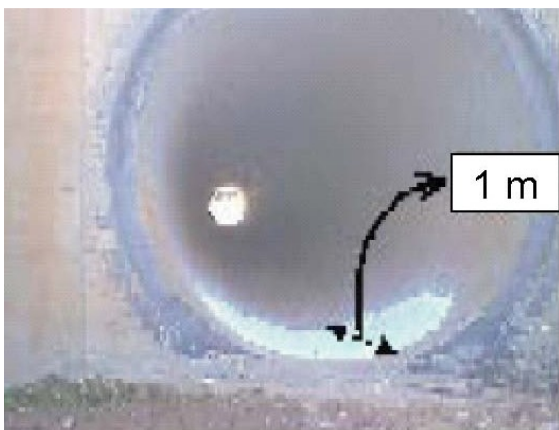


Silniční mortalita hadů vyjádřená počtem přejetých hadů na 1 km prošlého úseku. Bernardino & Dalrymple (1992) uvádějí hodnotu 0,66 a Smith & Dodd (2003) hodnotu 1,854.

Dalším způsobem monitoringu živočichů a samozřejmě i hadů je využití příčně naspaných pruhů z jemného písku. Jedná se o klasický způsob používaný pro monitoring pohybu živočichů propustky pod silnicí. Alternativně či pro doplnění zde někdy bývají instalovány odchytné pasti či infračervené kamery spouštěné pomocí čidel pohybu (Dodd 2004).



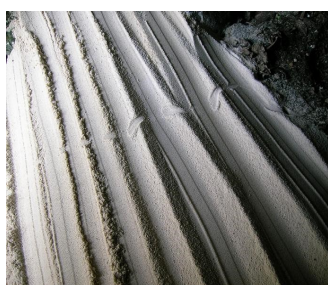
Zvířata nafocená při migraci propustkem (foto U.S. Geological Survey)



Pruh písku pro odečítání stop (Mata et al. 2003),



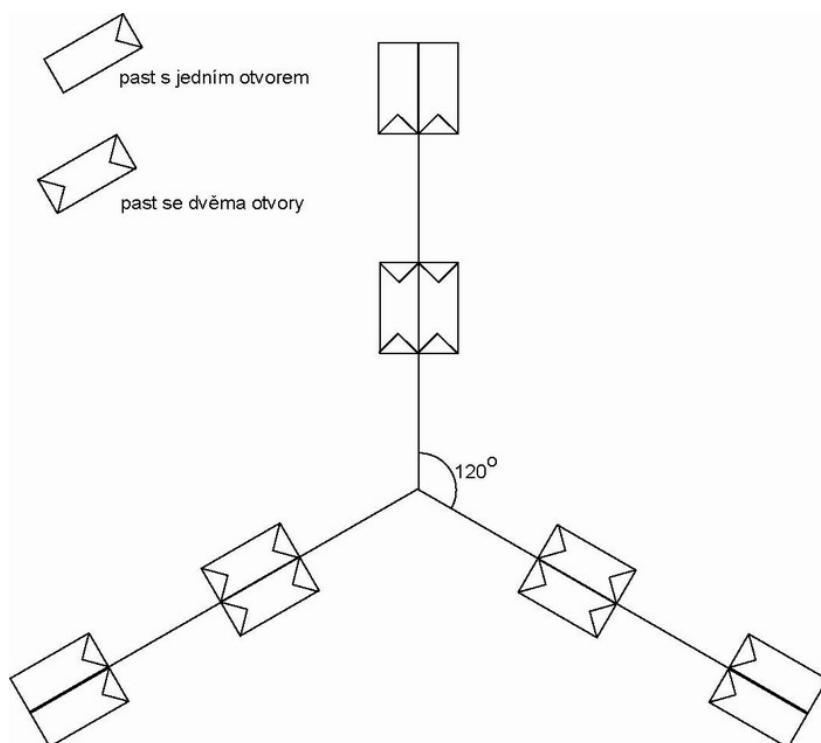
... a to samé pro výzkum užovek *Zamenis longissimus* na Ohři (Kovář et al. 2014)



Stopy na pruhu jemného písku v podchodech pod silnicí I/13 (foto K. Janoušek).

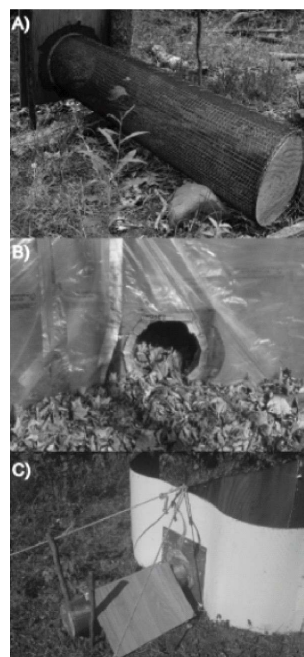
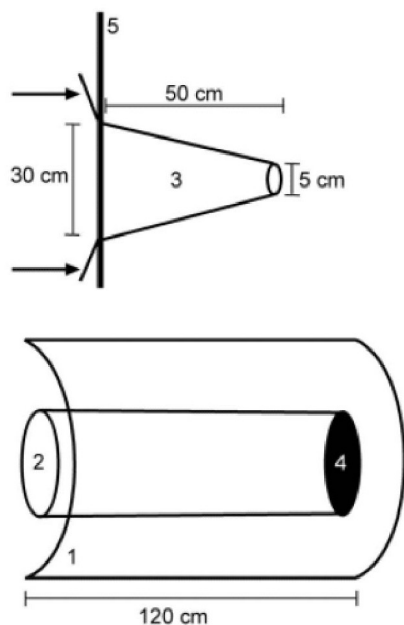
Na následujícím obrázku je ukázka odchylového systému na monitoring přítomnosti plazů či obojživelníků v území (Enge 1998). Systém se skládá ze tří plastových zábran upevněných na zatlučených kolíkách a trubkových pastí (délka trubky cca 86 cm) s jedním otvorem (průměr pasti 25 cm, průměr otvoru 6 cm) či dvěma otvory (průměr pasti 20 cm, průměr otvoru 5 cm). Rozestupy mezi pastmi činily 2,5 m.

V tomto konkrétním případě činila délka zábran 7,3 m a výška 0,92 m. Z důvodu udržení odpovídajícího mikroklimatu uvnitř byly do pastí vloženy navlhčené houby a nad pastí instalovány stíniče proti slunci. Takovýchto systémů je možno v území instalovat libovolné množství podle velikosti studované oblasti.



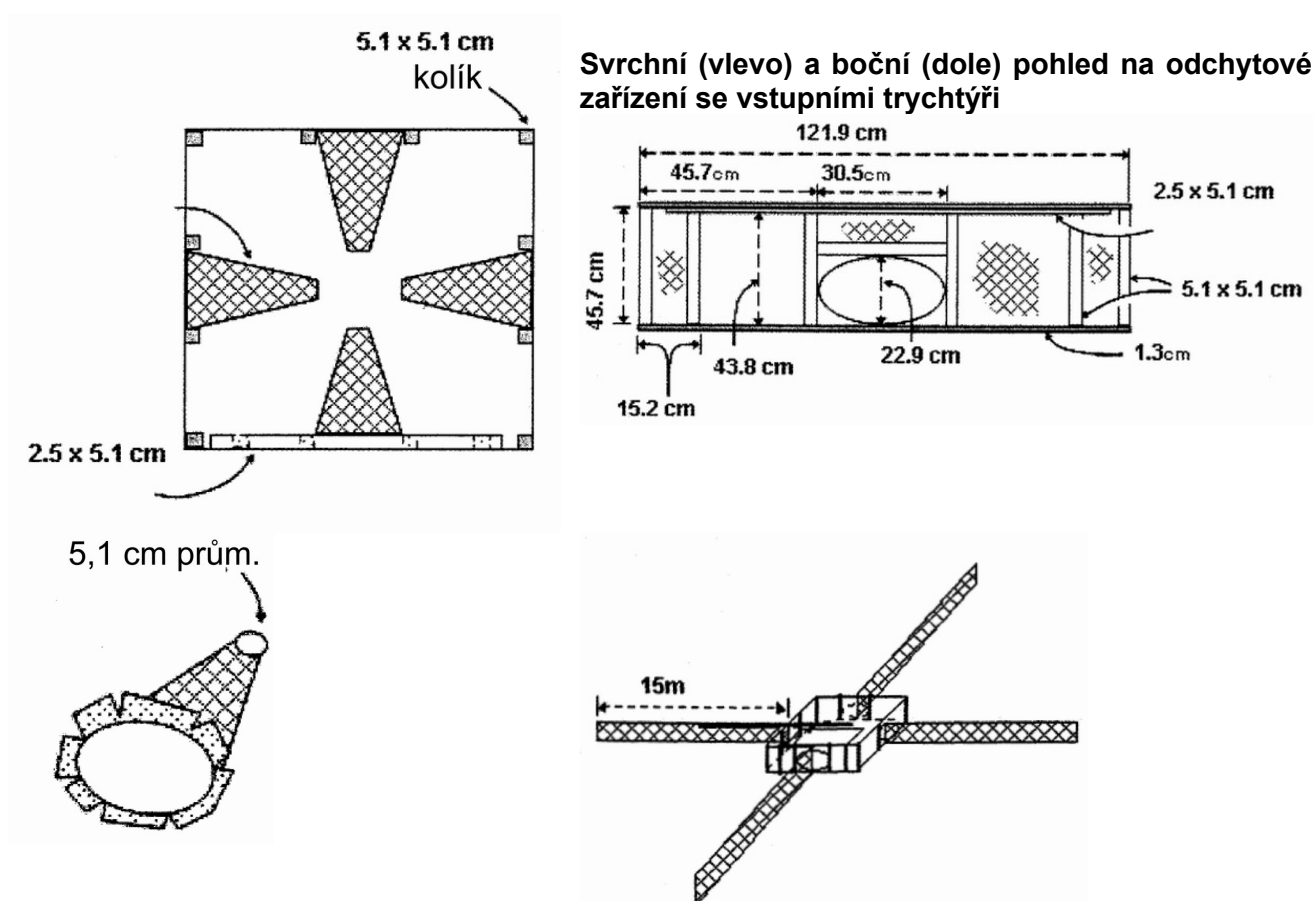
Ukázka odchyťového systému pro monitoring přítomnosti plazů v území (Enge 1998)

Následující obrázky dokumentují způsob provedení odchyťových pastí na hady.



Odchyťová past (2) a naváděcí trychtýř (3) jsou vyrobeny z tuhé (1,27 mm) tkaniny obtočené slabým hliníkovou okenní sítí (1). Vyztužení zadní části pastě (4) a naváděcího trychtýře (5) je provedeno z překližky. V podmínkách kanadské provincie Ontario byly do těchto pastí s úspěchem odchyťovány následující druhy hadů: *Elaphe alleghaniensis*, *Nerodia sipedon*, *Thamnophis sirtalis*, *T. sauritus*, *Storeria dekayi*, *S. occipitamaculata*, *Diadophis punctuatus*, *Liochlorophis vernalis* a *Lampropeltis triangulum* (Row & Blouin-Demers 2006).

Další úspěšný typ odchyťového zařízení pro střední a větší hady (Burgdorf et al. 2005) je uveden níže.



Vstupní trychtýř (nahore) a pozice a délka naváděcích zábran (vpravo)

Následující obrázky dokumentují propustky pod silnicí, kudy na řeckém ostrově Milos „procházejí“ zmije *Macropviper a schweizeri*, způsob monitoringu jejich pohybu a vybudované zábrany proti jejich vnikání na silnici (Ioannidis et al. 2007).





72 % zmijí, které došly podél zábrany až k propustku jím také prošlo na druhou stranu silnice; zmije se také vyhřívaly před propustkem; proustek využívaly i další druhy plazů a malých savců

Ioannidis et al. (2007) doporučili pro hady žijící na řeckém ostrově Milos (nejen pro *M. schweizeri* na které byla jejich práce zaměřena především) bariéry vysoké více jak 0,6 m, jelikož > 99 % zde žijících hadů měřící méně jak 0,9 m. Jako vhodnější se jevíly propustky s větším průměrem, ale využívány byly všechny. Zmínění autoři považují systém zábran a propustků za účinných nástroj na ochranu hadů před silniční mortalitou.



Odhad průměrné roční hodnoty DOR zmijí *M. schweizeri* na řeckém ostrově Milos činil 10 % celkové populace na tomto ostrově (Ioannidis et al. 2007).

Monitoring uvnitř propustku pomocí kamery napájené solárním panelem

Ukázky zábran na ochranu plazů v UK a Kanadě





4.8. Technická opatření na snížení mortality hadů na silnicích

V určitých speciálních případech, kdy lze po určitou denní či roční dobu dopravu na dané komunikaci zcela zastavit, lze očekávat okamžitý výsledek, projevující se výrazným snížením silniční mortality. Jedná se kupříkladu o situace, kdy skrz lokalitu s vysokou hustotou hadů vede účelová komunikace, například do průmyslového závodu (Ioannidis et al. 2007). V případě veřejných komunikací však toto řešení nelze zvolit.

Ochota využívat propustky pod silnicí má u mnoha živočichů vztah k objemu dopravy, s tím spojeným hlukem, šířkou silnice, rozměry propustku a strukturou biotopů přiléhajících k propustku. Zatímco pro některé druhy meších a středních savců je nárůst dopravy spojen s větším využíváním propustků pod silnicí, u jiných je naopak nárůst dopravní intenzity doprovázen sníženou ochotou vstupovat do propustků pod silnicí. Stejný efekt má také nárůst hluku a šířky vozovky (Clevenger et al. 2001, Ascensao & Mira 2001). Vliv výše uvedených charakteristik na plazy však dosud nebyl studován.

Klasickým opatřením k zamezení průniku hadů na vozovku při zachování konektivity území je vybudování systému zábran a propustků pod silnicí, přičemž prostředí uvnitř propustku včetně teploty jsou zřejmě klíčovými faktory pro ochotu hadů do propustku vstupovat. Jelikož bylo zjištěno, že hadi jsou ke vstupům do propustků přitahováni možností se zde slunit, je důležité, aby vstup tuto podmínku zajišťoval tj. aby byl osluněn (Roberts 2000). Stěny zábran zřejmě není vhodné dělat kovové ani tmavé, aby sem hady nelákala možnost slunění. Jako vhodný se naopak jeví světlý materiál.

Přesto, že instalované zábrany byly pouze 30 cm vysoké, i zde se potvrdilo, že hadi mají silně vyvinutý instinkt plazit se podél „zdi“. Spíše než aby ji překonávali, plazili se podél ní do propustků (Roberts 2000).

Vegetace v blízkosti zábran představuje cestu, kudy mohou drobní živočichové překonat bariéru s následkem zabití na silnici. Vegetaci je proto třeba z blízkosti zábran pravidelně odstraňovat, v opačném případě klesá jejich účinnost. Je třeba také udržovat neprůchodnou dolní část bariéry při zemi, kde může docházet k podmílání a tvorbě nežádoucích děr. Pravidelnou údržbu potřebují také propustky, které vlivem silných dešťů bývají zanášeny nejrůznějším materiálem. Ačkoliv určitá vrstva zeminy na dně propustku zřejmě zvyšuje jeho atraktivitu pro potenciální migranty, větší nánosy mohou způsobit ucpání (Dodd 2004).

Nežádoucí pozornost lidí, vyvolaná koncentrací zajímavých živočichů v určitých místech podél silnice, jak tomu bylo kupříkladu u aligátorů, které krmili zastávající automobilisté u propustků na Floridě (Dodd 2004), v našich podmínkách zřejmě nehrozí.

Rozsáhlý systém zábran a podchodů na Floridě měl za následek zásadní (93,5 %) snížení množství zabíjených živočichů ve všech cílových skupinách. Konkrétně v případě hadů to bylo 149 po vybudování oproti 1.291 před vybudováním. Výjimku tvořily pouze rosníčky schopné zábrany přelézat. Jediným „slabým“ místem, kde se naopak mortalita oproti předchozímu stavu zvýšila, byly konce bariéry (Dodd 2004).



Stavba bariéry

- trvalé z porobetonu (snímek nahoře)
- dočasné z plastové fólie (snímek vpravo)



Následující snímky ukazují dva typy použitých zábran. Zatímco první (a) se osvědčila, druhá (b) nebyla schopna zabránit pronikání živočichů na silnici (Dodd 2004).



Také Aresco (2005b) popisuje jako velmi účelné využití stávajících propustků nejrůznějších typů pod silnicemi, při doplnění o zábrany podél vozovky. Jeho studie, také z Floridy, prověřoval účinnost tohoto systému při ochraně vodních želv v oblasti, kde čtyřproudá dálnice prochází mezi dvěma mokřady a občasné vyschnutí jednoho z nich má z následek hromadné přesuny želv a dalších plazů, doprovázené masovým zabíjením. Tam, kde pod čtyřproudou dálnicí takové propustky existovaly a na jejich konci bylo z obou stran patrné světlo (tj. lepší byly ty s větším průměrem) a na dně byly vrstva zeminy či písku, žely tudy

ochotně pod silnicí procházely. Minimálně do doby než dojde k vybudování permanentní systému se jedná o funkční nástroj k ochraně želv a dalších plazů. Bylo důležité, aby konce naváděcích bariér byly zatočeny směrem k mokřadům, aby tudy nedocházelo k nechtěnému obcházení zábrany. V případě permanentních zábran je pro severoamerické želvy doporučována výška cca 1 m, jelikož mnohé druhy dokáží dobře šplhat. V případě dočasného řešení, které nicméně může sloužit značně dlouho a může zachránit život velkému množství jedinců, je nutné pravidelné patrolování zábran. V opačném případě dochází v určitých místech k tvorbě otvorů pod zábranou či v době vrcholící migrace k jejímu přelézání (Aresco 2005b).

V některých oblastech představuje automobilová doprava vážný problém pro místní populace hadů. Zvláště patrné to je u těch druhů, jejich densita je lokálně velmi vysoká, jako kupříkladu u severoamerické užovky *Thamnophis sirtalis* (viz následující foto velkého množství zabitých hadů na vozovce). Jedná se o lokalitu s jednou z největších koncentrací hadů na světě.



Velké množství hadů přejetých na vozovce

V této oblasti (Manitoba, Kanada) byl vybudován následující systém zábran a podchodů, který se osvědčil:



Plůtky navádějící hady do propustí



Pohled do propustí vybudovaných pro hady

Pro potvrzení účinnosti systému byly podél hrazení a na konci propustků instalovány padací a krabicové pasti pro odchyt hadů. Výsledky potvrdily funkčnost systému.



Hadi odchycení do krabicové pasti u hrazení

Způsob budování malého „hadiho“ propustku dokládají následující fotografie. Jedná se o protlačení nepříliš široké trubky (do 30ti cm v průměru) pod silnicí. Efektivita tohoto systému zatím nebyla prověřena. V případě účinnosti by se ve srovnání s širšími propustky jednalo o finančně nenákladný způsob budování propustků.



Budování „hadiho“ propustku

Na začátku a na konci prostoru migrace hadů přes silnici byly instalovány následující informační tabule, nabádající řidiče ke snížení rychlosti. Řidiči však na tuto výzvu příliš nereagovaly.

Dalším vhodným opatřením je vybudování náhradních kladišť poblíž míst s vysokou hustotou hadů tak, aby samice nemusely překonávat silnici. Lze tím docílit zkrácení migračních vzdáleností na kladiště a tím i snížení mortality. Kladiště se často vyznačují specifickými rysy (Madsen 1984, Hecnar 1994) a při jejich dodržení lze docílit značného úspěchu (Zuiderwijk et al. 1993, Collins & Swallow 1995, (Bonnet et al. 1999).

Uzavření určité části silnice ve správnou dobu, umožňující bezkonfliktní migraci, která se dá předpokládat (Seigel 1986, Podloucky 1989), lze považovat za opatření, které je vhodné aplikovat tam, kde přes silnici dochází k velkým sezónním přesunům hadů. Pravděpodobně jej však bude možno využít jen v nemnoha extrémních případech. Tam kde hadi žijí v těsné blízkosti silnice, přes kterou podnikají časté individuální pohyby, nelze takové opatření využít.

V jižní Itálii, kde zalesněná území v podstatě neexistují, jsou užovky *Elaphe situla*, *E. quatuorlineata* a *Coluber viridiflavus* nacházeny pouze v jeden metr širokých pásích křovin, oddělujících zemědělsky kultivované plochy. Díky dobré konektivitě mezi jednotlivými územími zde však bez ohledu na velmi omezený prostor existují stabilní populace těchto druhů (Luiselli & Capizzi 1997). Křovinaté pásy tak lze považovat za funkční způsob propojení hadích populací uvnitř zemědělské krajiny (Spellerberg 1988, Goddard & Spellerberg, 1980, Luiselli & Capizzi 1997).



Informační tabule na začátku a konci prostoru migrace hadů přes silnici

4.9. Budování náhradních zimovišť pro hady

Stejně jako u dalších „natrixoidních“ druhů hadů, kupř. *Thamnophis sirtalis* (Aleksiuk & Gragory 1974) či *Natrix maura* (Santos & Llorente 2001), také u *N. tessellata* dochází k dozrávání spermií a vajíček koncem léta a na podzim, před zahájením hibernace (Kärvemo et al. 2011). U *N. tessellata* občas dochází k podzimnímu páření (Gruschwitz et al. 1999, Street 1979), stejně tak jako u vícero dalších temperátních druhů akvatických hadů, kupř. *Thamnophis sirtalis* (Schwartz et al. 1989), *Nerodia harteri paucimaculata* (Greene et al. 1999), *Natrix maura* (Santos & Llorente 2001). Minimálně v případě *N. tessellata* se však jedná spíše o výjimky, přičemž většina hadů se páří na jaře (Kärvemo et al. 2011). Zdá se pravděpodobné, že samci *N. tessellata*, kteří opouštějí zimoviště o něco dříve než samice, se odsud z jara příliš nevzdalují a čekají zde z důvodu páření na samice (Kärvemo et al. 2011). Ty se pak po odpáření rychle přesouvají k vodě na místa, kde následně kladou vejce (Conelli et al. 2011). Nacházejí-li se poblíž zimovišť velmi vhodné struktury na kladení vajec (kupř. kamenné zídky), samice zde mohou zůstat až do kladení (Kärvemo et al. 2011).

Při vyhledávání vhodných zimovišť v průběhu podzimních přesunů hrají důležitou roli olfaktorické vjemy (Hirth 1966). Evoluce těchto mechanismů má přitom zvlášť velký význam v severních částech areálů rozšíření, kde v daných populacích existují tradiční zimoviště, kam se hadi na podzim, často z velkých vzdáleností, přesouvají. V těchto chladných oblastech je zimovišť, poskytujících dostatečnou ochranu před mrazem obecně málo, což je mimo jiné i jeden z důvodů existence hromadných zimovišť hadů (Gregory 1984). V těchto oblastech i malé rozdíly mezi místy k přezimování mohou pro hady představovat rozdíl mezi životem a smrtí (Burger et al. 2013). Jedinci, kteří nejsou schopni takovát vhodná zimoviště

najít, jsou přes zimu vystavení většímu riziku uhynutí (Costanzo 1989). U některých druhů dochází z migrací za takovými vhodnými zimovišti na značné vzdálenosti (až 17,7 km u druhu *Thamnophis sirtalis*) a konkrétní jedinci vykazují často silnou meziroční afinitu ke svým zimovištím (Gregory 1982, 1984). Většinou se však jedná o vzdálenosti výrazně menší (Southwood & Avens 2010).

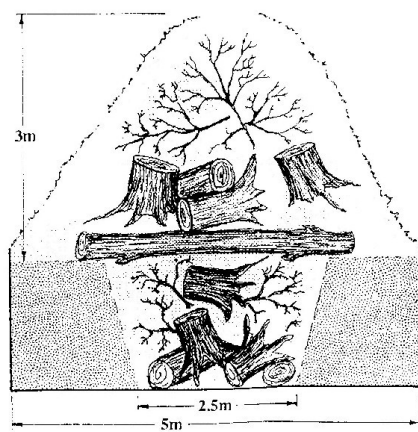
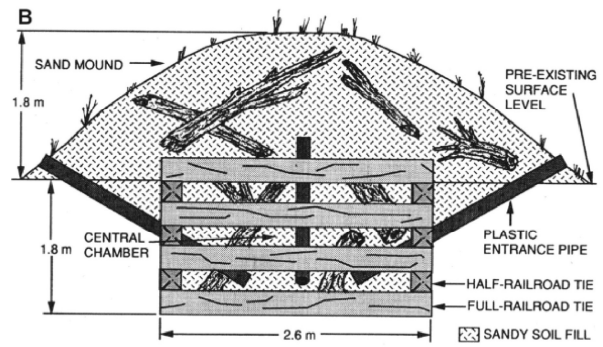
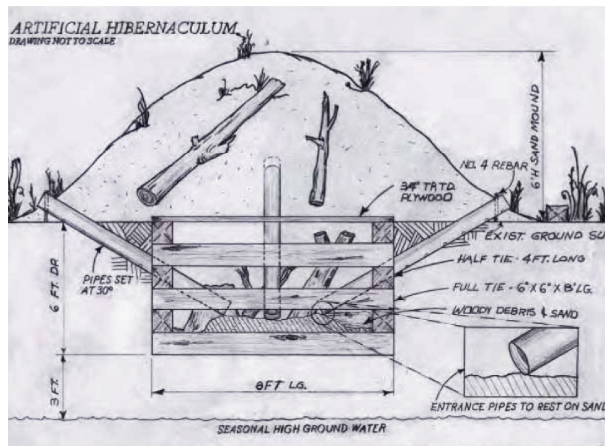
V případě hledání cesty nově vylíhlých hadů do zimovišť může významnou roli hrát sledování pachových stop po dospělých jedincích (Reinert & Zappalorti 1988a). Užovky *Thamnophis sirtalis* obojího pohlaví sledují při svých podzimních migracích do zimovišť olfaktorické stopy jiných jedinců vlastního druhu (Costanzo 1989), což bylo pozorováno také u nově narozených jedinců chřestýšů *Crotalus horridus* (Brown & McLean 1983) a nově narození jedinci *Crotalus viridis* se při těchto přesunech řídili pachovými stopami dospělců. Tuto pachovou stopu na zemi zřejmě zanechávají kožní lipidy (Graves et al. 1986). Zatímco po velkou část podzimu nově narození chřestýši *C. horridus* na pachové stopy jiných jedinců nijak nereagovali, v době zahájení přesunů do zimovišť se toto náhle změnilo a juvenilní jedinci začali pachové stopy sledovat, byli nacházeni pohromadě, či dokonce v blízkosti vlastní matky (Cobb et al. 2005).

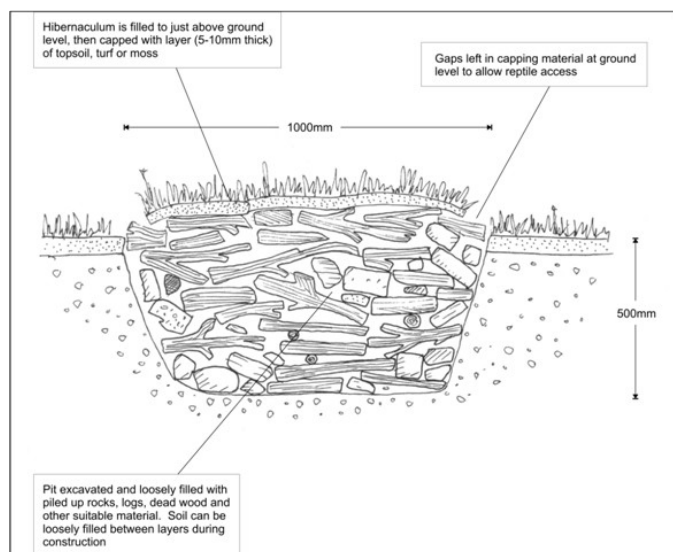
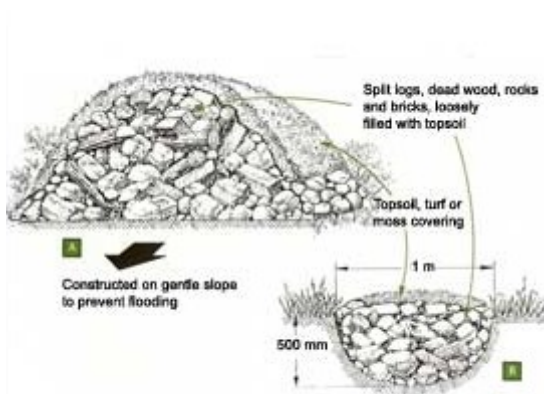
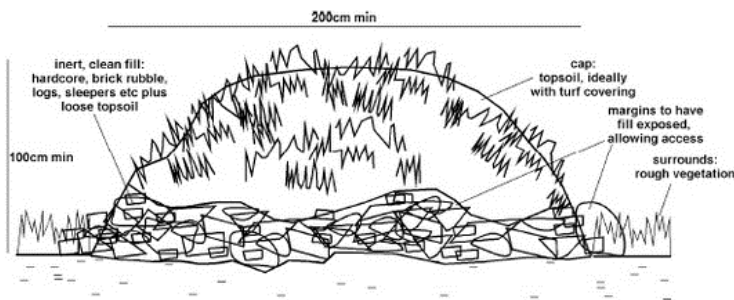
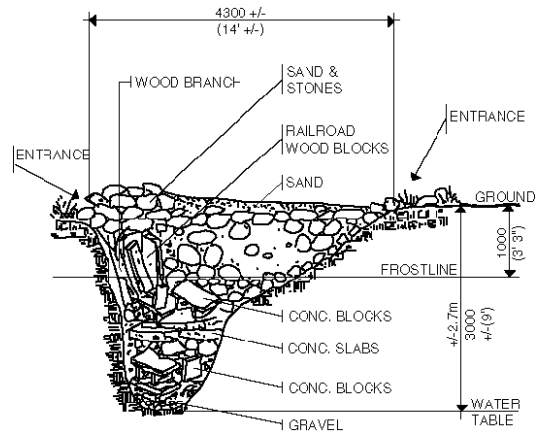
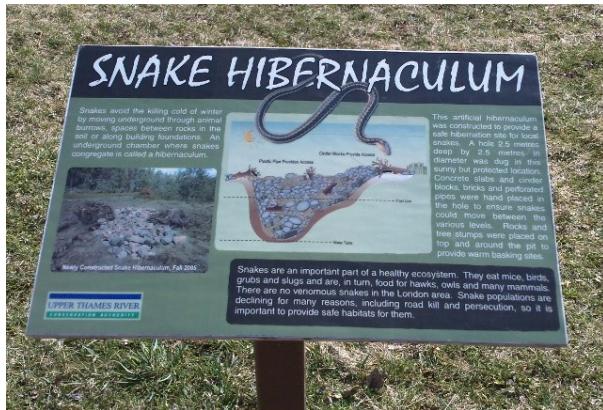
I blízce příbuzné druhy hadů se mohou lišit v tom, zda zimují solitérně či ve společných zimovištích a takovéto rozdíly mohou být dokonce i mezi různými populacemi daného druhu (Burger et al. 2012). Významnou roli hrají klimatické podmínky dané oblasti. Především v klimaticky tvrdších oblastech na severní hranici výskytu temperátních druhů, kde tvrdší zimy neumožňují zazimovat v libovolných úkrytech, bývá vhodných zimovišť, zajišťujících bezpečné přečkání zimy, nedostatek. Hadi zde za takovými vhodnými zimovišti migrují na značné vzdálenosti, vracejí se sem opakovaně a mnohdy je sdílejí společně s množstvím dalších jedinců. U hromadných zimovišť je pro danou populaci hadů pochopitelně zvýšené riziko velkých ztrát predací, vyplavením, či přenosem chorob a parazitů. Hromadná zimoviště opakovaně využívána po mnoho let, signalizují svojí bezpečnost a klimatickou vhodnost. Takováto vhodná zimoviště bývají hady využívána po dlouho dobu a konkrétní jedince se sem stále opakovaně vracejí (Woodbury et al. 1951, Fitch 1960, Brown 1992, Johnson 1995, Prior & Weatherhead 1996, Sine & Mason 2004). Jsou známy případy, kdy konkrétní jedinci severoamerické užovky *Pituophis melanoleucus* byli v daném zimovišti nalezeni 15, 16, 17 a 18 různých zim (Burger & Zappalorti 2011). Několikaletá nepřítomnost hadů v daném zimovišti ještě nemusí znamenat, že bylo nadobro opuštěno. Burger et al. (2013) uvádějí případ, kdy se sem užovky *Pituophis melanoleucus* opět vrátily po desetileté pauze.

Ochrana kvalitních zimovišť a přístupových cest k nim je tak ve zvýšené míře důležitá právě u populací hadů, žijících na severu areálu druhového rozšíření (Burger et al. 2012).









5. VÝSLEDKY

Při interpretaci výsledků z výzkumu biologie hadů je vhodné mít stále na zřeteli postřeh autorů Cobb et al. (2005), a totiž, že individuální rozdíly v chování hadů jsou často pravidlem, spíše než výjimkou.

5.1. Načasování podzimní migrace hadů od řeky do zimovišť

S ohledem na povětrnostní podmínky v době prováděného terénního průzkumu byla ranní kontrola území počínaje 3/10 nahrazena kontrolou kolem poledne. Noční teploty byly nízké a žádní hadi po ránu nebyli u zábrany resp. na vozovce nacházeni. Večerní kontrola probíhala po celou dobu průzkumu, a to cca od 17:00 do 18:30. Informace o nálezech učiněných při jednotlivých kontrolách je uvedena v následující tabulce.

Realizované pochůzky ve sledovaném úseku silnice II/116 s uvedením čísel nálezů

datum	pochůzka č.1	pochůzka č.2
28/9	bez nálezu	bez nálezu
29/9	bez nálezu	1, 2
30/9	bez nálezu	bez nálezu
1/10	bez nálezu	bez nálezu
2/10	bez nálezu	bez nálezu
3/10	bez nálezu	3, 4, 5
4/10	bez nálezu	bez nálezu
5/10	6, 7, 8	9, 10
6/10	bez nálezu	11, 12, 13
7/10	bez nálezu	bez nálezu
8/10	bez nálezu	14
9/10	bez nálezu	bez nálezu
10/10	bez nálezu	bez nálezu

datum	pochůzka č.1	pochůzka č.2
11/10	bez nálezu	bez nálezu
12/10	bez nálezu	bez nálezu
13/10	bez nálezu	bez nálezu
14/10	bez nálezu	bez nálezu
15/10	bez nálezu	bez nálezu
16/10	bez nálezu	bez nálezu
17/10	bez nálezu	bez nálezu
18/10	bez nálezu	bez nálezu
19/10	15, 16, 17	bez nálezu
20/10	18	bez nálezu
21/10	bez nálezu	bez nálezu
22/10	bez nálezu	bez nálezu

Na většině území byla bariéra postavena **28/9**, přičemž krátký úsek mezi mostem a cca vyústěním silnice od Správy CHKO byl dobudován **29/9**. Stavba bariéry před tímto datem se vzhledem k vysoké pravděpodobnosti poškození při konání zdejší hromadné akce (Karlštejnské vinobraní) nejevila jako vhodná. Bariéra byla odstraněna **19/10**, tj. nálezy č. 15, 16 a 17 byly učiněny krátce po odstranění bariéry a nález č. 18 až následující den. Pochůzky (již bez bariéry) probíhaly ještě do **22/10**, tj. 3 dny po jejím odstranění.

Vzhledem k předpokladu, že množství vhodných zimovišť se nachází také v prostoru mezi řekou a silnicí, je pravděpodobné, že průběh resp. dobu trvání migrace od vody do zimovišť nelze monitoringem podél silnice přesně postihnout. Mnoho jedinců totiž na vozovku vůbec nevstoupí a zazimuje již ve svahu mezi silnicí a řekou.

Vzhledem k malému množství přejetých jedinců v úseku podél bariéry, a to i v místech, kde jich bývá jiné roky přejeto velké množství, lze soudit, že bariéra zafungovala jako efektivní ochrana proti pronikání hadů (především dospělých) na vozovku. Mladí jedinci byli schopni tuto bariéru občas překonat. Je pravděpodobné, že většina hadů se vrátila do prostoru mezi bariérou a řekou a zde zazimovala. O této skutečnosti svědčí i fakt, že ihned po jejím odstranění, a to i přes špatné počasí, byly v tomto úseku nalezeny přejetí jedinci ... tři juvenilní ještě tentýž den (nálezy č. 15, 16 a 17), co byla bariéra odstraněna a semiadult (nález č. 18) následujícího dne.

Následující tabulka shrnuje údaje o nálezech živých či mrtvých hadů. Kromě jediného nálezu č. 3 (užovka obojková) se ve všech případech jednalo o užovky podplamaté.

Údaje o nálezech živých či mrtvých hadů ve sledovaném úseku silnice II/116

nález č.	dat	čas	místo viz mapa	na silnici			stav nálezu		délka (cm)	hmot. (g)	pohlaví		
				1/2 k řece	střed	2/2 ke skalám	živý	mrtvý			f	m	juv
28 a 29/9 byla postavena bariéra													
1	29/9	16:00	9	X				X	15				X
2	29/9	11:00	8	X			X						X
Utekł zpět směrem k řece													
3	3/10	17:00	12	X				X	23				X
N. natrix													
4	3/10	17:13	23			X		X	15				X
5	3/10	17:20	104	X				X	15				X
6	5/10	14:20	92			X		X	48		X		
7	5/10	14:45	113	X				X	16				X
Mezi posledním domem a kempem													
8	5/10	14:55	115	X				X	13				X
Mezi posledním domem a kempem													
9	5/10	17:30	84				X		15				X
Před bariérou, na břehu. Přenesen přes silnici.													
10	5/10	17:30	84				X		9				X
Před bariérou, na břehu. Přenesen přes silnici.													
11	6/10	18:00	40				X		20				X
Vedle mostu u řeky. Přenesen přes silnici.													
12	6/10	18:20	6	X				X	17				X
13	6/10	18:30	18	X				X	18				X
14	8/10	17:16	za 115	X				X					X
Již mimo prostor bariéry ... 49.9343297N, 14.1733278E													
19/10 byla odstraněna bariéra													
15	19/10	12:20	23	X				X	15				X
Had byl nalezen nedlouho po sundání bariéry, na hraně silnice u sundané bariéry													
16	19/10	13:50	19	X				X	15				X
Had byl nalezen nedlouho po sundání bariéry, na hraně silnice u sundané bariéry													
17	19/10	14:00	18	X				X	15				X
Had byl nalezen nedlouho po sundání bariéry, na hraně silnice u sundané bariéry													
18	20/10	12:30	58		X			X	40		X		
Noc i den byl chladný, teplota v poledne (v době nálezu) byla 7°C. Had byl čerstvě přejetý													

Poznámka: Číslo míst nálezů viz následující mapky

Pohyb hadů přes silnici jsme zaznamenali téměř po celou sledovanou dobu, tj. od 29/9 do 20/10 (21/10 a 22/10 již bylo bez nálezu). Poslední nález byl učiněn přesto, že teplota toho dne dosahovala maximálně 7°C. Je velmi pravděpodobné, že migrace do zimovišť začíná již dříve (tj. před začátkem námi sledovaného období), nicméně ojedinělé nálezy v druhé polovina října pravděpodobně korespondují s koncem migrace. Bude zřejmě ale záležet na počasí daného podzimu a je možné, že zatímco v chladnějších letech větší podíl populace zazimuje již pod silnicí, zatímco v teplejších letech bude migrace trval delší dobu a větší podíl jedinců se pokusí překonat silnici. Jedná se však o pouhou domněnku, pro kterou nemáme pevné údaje.

Vzhledem na malé množství nálezů nejsme schopni posoudit rozdíly v načasování migrace mezi pohlavími resp. mezi věkovými kategoriemi.

5.2. Hlavní místa překonávání silnice resp. místa silniční mortality hadů

Z důvodu zaznamenání prostorového situování nálezů hadů byla sledovaná část silnice (+ ještě o kus dále západním směrem mimo postavenou bariéru) rozdělena na pravidelné úseky cca po 6ti metrech (viz následující mapky). Do těchto úseků byly nálezy situovány.

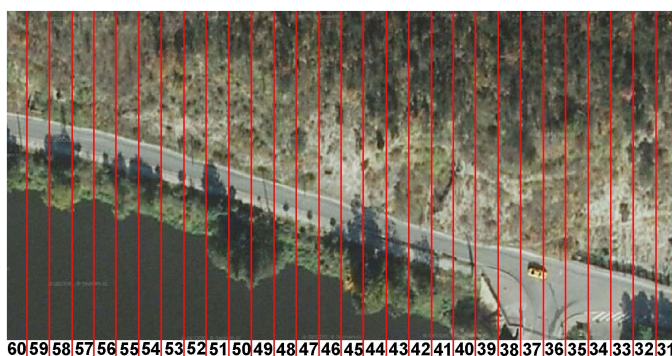
Hadi byli nalezeni v těchto úsecích: 6, 8, 9, 12 (*N. natrix*), 18 (2x), 19, 23 (2x), 40, 58, 84 (2x), 92, 104, 113, 115, + jeden nález západně od 115.



Úseky č. 1 až 30

, ... a zdejší nálezy

N.atrix juv (přejetá) ... zelená čerchovaná
N. tessellata juv (přejetá) ... žlutá čerchovaná
N. tessellata juv (živá) ... žlutá plná



Úseky č. 31 až 60

, ... a zdejší nálezy

N. tessellata ad (přejetá) ... červená čerchovaná
N. tessellata juv (živá) ... žlutá plná





Úseky č. 61 až 90

, ... a zdejší nálezy

N. tessellata juv (živá) ... žlutá plná

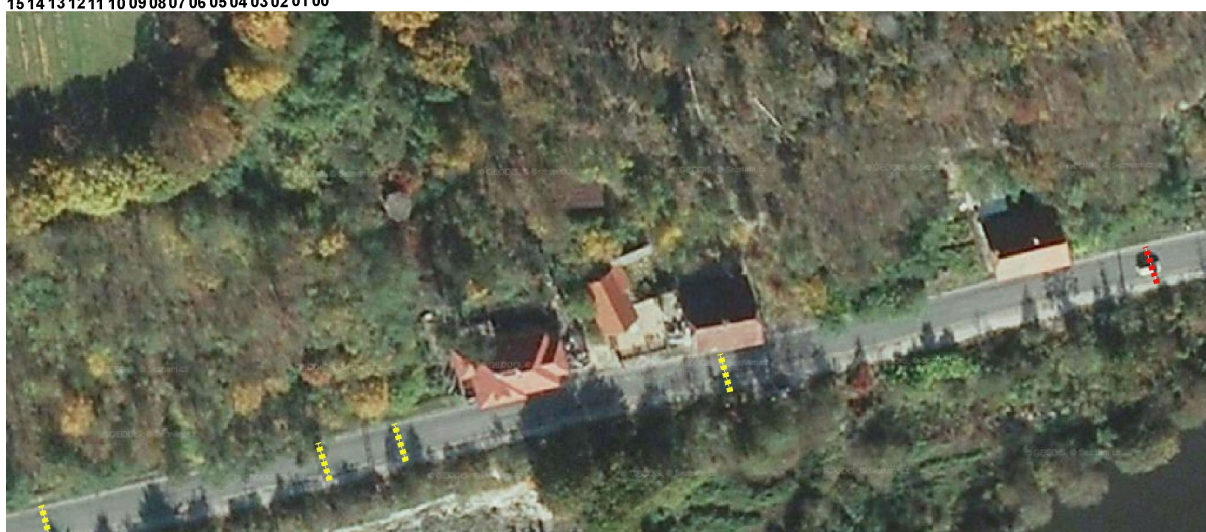


Úseky č. 91 až 115

, ... a zdejší nálezy

N. tessellata ad (přejetá) ... červená čerchovaná

N. tessellata juv (přejetá) ... žlutá čerchovaná



Lokalizace všech učiněných nálezů byly předány zadavateli jako příloha zprávy ve formátu SHP, kde ID daného bodu koresponduje s číslem nálezu (viz tabulka výše). Dále byly tyto vloženy do NDOPu s následujícími ID:

číslo nálezu	ID v NDOPu	číslo nálezu	ID v NDOPu	číslo nálezu	ID v NDOPu
1	9531560	7	9531574	13	9531561
2	9531553	8	9531576	14	9531578
3	9531580	9	9531568	15	9531565
4	9531564	10	9531569	16	9531563
5	9531572	11	9531566	17	9531562
6	9531571	12	9531548	18	9531567

Z následující mapky, na které jsou vyznačeny všechny nálezy bez ohledu druhu, věku či živý/mrtvý, je vidět, že hadi se k silnici od vody přibližují prakticky v celém úseku. Patrná je nicméně jejich určitá afinita k antropogenním strukturám (domy, zídky, zahrádky, zahradnictví atd.), ke kterým směřují. Mimo kontakt s těmito strukturami byl pouze jediný nález (vlevo od mostu). Druhý nález vlevo od mostu je již opět naproti malé rozpadlé stavbě, která ale na satelitním snímku není patrná (je vidět na obrázku č. 27).



Většina přejetých hadů byla zabita již v první polovině vozovky (směrem k řece).

5.3. Situování stávajících zimovišť či kladišť v blízkosti silnice

Viz kapitola č. 6. *Doporučení pro ochranu.*

5.4. Soupis zjištěných parametrů sledované populace

Viz tabulka *Údaje o nálezech živých či mrtvých hadů ve sledovaném úseku silnice II/116.*

5.5. Rozdíly v překonávání silnice mezi dospělými a juvenilními (letošními) jedinci

Složení přejetých resp. živě pozorovaných hadů bylo následující:

	živí	přejetí
<i>N. tessellata</i> adult	0	2
<i>N. tessellata</i> juv.	4	11
<i>N. natrix</i> adult	0	0
<i>N. natrix</i> juv.	0	1

Z těchto čísel je patrné, že byli nalézáni převážně juvenilní (letošní) jedinci *N. tessellata*, a to většinou přejetí. Nakolik ale tato čísla odrážejí (1) skutečnou migraci a (2) nakolik účinnost bariéry jako prevence pronikání hadů na vozovku nelze soudit. S ohledem na pozorování z předchozích let se lze domnívat, že varianta (2) bude blíže k pravdě (viz kupř. nárůst přejetých jedinců okamžitě po odstranění bariéry).

Užovka obojková byla nalezena pouze jediná (přejetí juvenilní jedinec) a nelze tudíž činit žádné závěry.

Také na porovnání rozdílů v místě překonávání vozovky mezi juvenilními a dospělými jedinci není dostatek nálezů.

5.6. Stručné zhodnocení aktuálního stavu sledované populace užovky podplamaté na základě zjištěných údajů

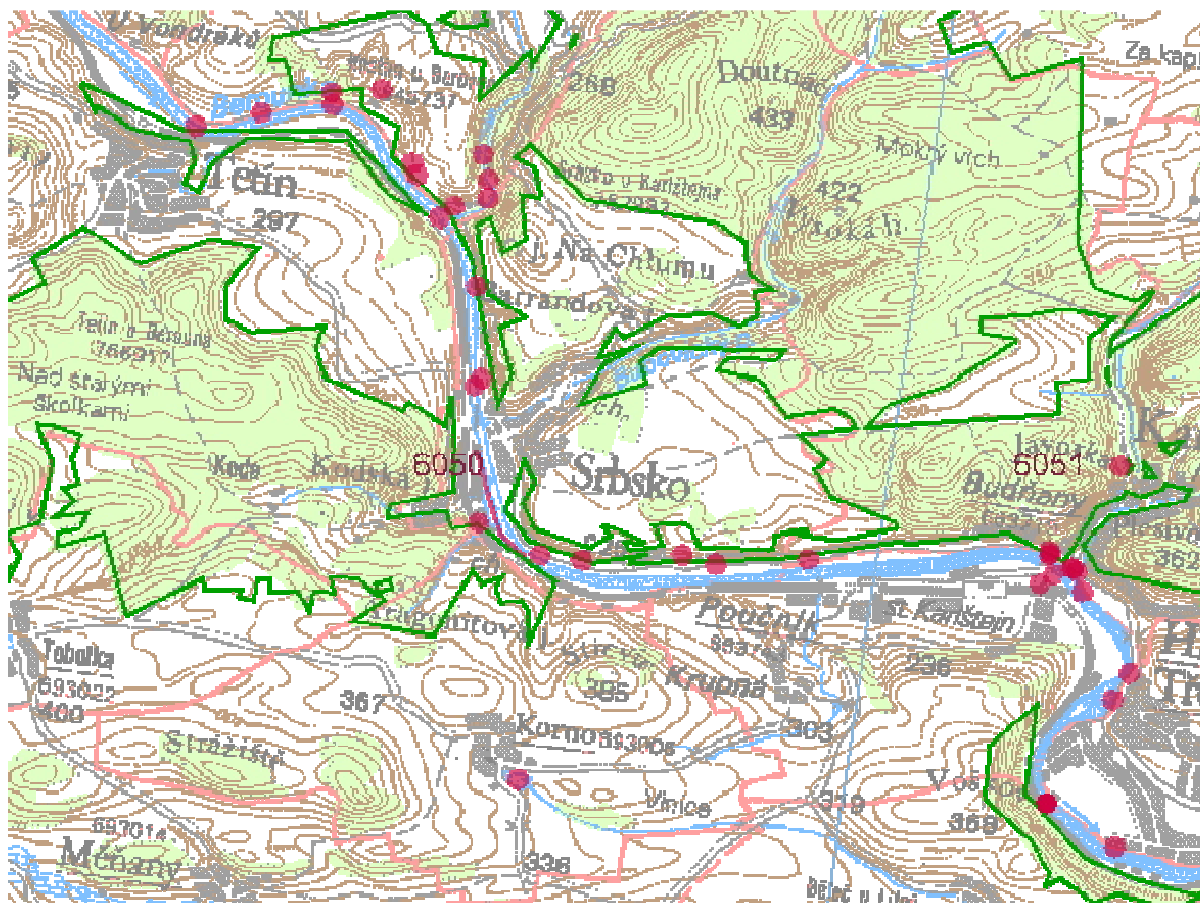
Na základě provedeného terénního průzkumu nelze formulovat korektní odhady stavu populace užovek v zájmovém území. Jedná se o příliš krátké období, postihující pouze jedno období migrací do zimovišť. Navíc je pravděpodobné, že velké množství jedinců na silnici vůbec nevstupuje a zimuje ve svahu mez tělesem silnice a řekou. Také množství pozorovaných jedinců podél námi postavené zábrany (ať již živých před ní, či přejetých za ní) bylo malé. Tato zábrana na většině míst zafungovala jako bariéra, většina hadů jí nepřekonala (nedostala se na silnici, nebyla přejetá a tudíž ani detekována) a vrátila se nepozorována zpět do svahu k řece. Vysoký podíl juvenilních jedinců mezi pozorovanými (ať již živými či mrtvými) však ukazuje na životaschopnost populace tohoto druhu v okolí námi sledovaného úseku resp. přímo v něm (toto nelze odlišit, námi sledovaný úsek je přirozenou součástí populace, obývající široké okolí). Terestrické biotopy námi sledovaného úseku (ať již před či za silnicí) poskytuje hadům zimní úkryty a ti zde zimují (a pravděpodobně také kladou vejce). Automobilová doprava je zde bezpochyby významným zdrojem silniční mortality, nicméně z logiky věci vyplývá, že stálá přítomnost přejetých hadů na silnici, aniž by při tom docházelo k jejich úbytku podél řeky v okolí, mimo jiné paradoxně signalizuje stabilitu a vitálnost zdejší populace. Nárůst počtu přejetých hadů v zájmovém území tak bez znalosti vývoje okolních částí populace může být vnímán coby blížící se problém, stejně tak jako odezva populačního nárůstu.

Doporučení pro pokračování projektu:

- (1) V prvé řadě je třeba rozhodnout, zda účelem případného opakování projektu z důvodu zpřesnění údajů je vedle samotného výzkumu také ochrana hadů před zabíjením na silnici. Vybudovaná bariéra totiž letos poměrně účinně zamezovala hadům (především dospělým) ve vstupu na vozovku, což na jedné straně přineslo pozitivní efekt snížení jejich mortality, na druhé straně tím ale docházelo ke zkreslování výsledků ... mnoho hadů nejenže nevstoupilo na silnici (nebylo přejeté resp. zaznamenáno), ale pravděpodobně se vrátilo od bariéry zpět do prostoru svahu nad řekou a jejich přítomnost tak nebyla podchycena. Pakliže účelem projektu není přímo ochrana hadů pomocí dočasné bariéry postavené jen pro tuto jednu danou sezónu, nýbrž získání informací o místech a průběhu migrace, jeví se jako vhodné tuto bariéru nestavět, nýbrž pravidelně a často (kupř. každou hodinu od rána do večera procházet celý úsek). Důsledkem bude více zabíjených hadů na vozovce, což ale přinese přesnější informaci o trasách a době migrace.
- (2) Jako velmi vhodné se jeví delší časové období průzkumu, kupř. již od první poloviny září do cca druhé poloviny října. Možný je i monitoring v jarním období návratu hadů ze zimovišť zpět k vodě.
- (3) Úsek, ve kterém letos sledování probíhalo, není osídlen uzavřenou populací, nýbrž je součástí výrazně rozsáhlejšího akvatického biotopu s výskytem těchto užovek, tvořeného řekou Berounkou resp. jejími oběma břehy. Tento úsek se táhne především západním směrem (proti proudu). Vzhledem ke skutečnosti, že silnice II/116 tento levý břeh Berouanky více méně v těsné blízkosti lemuje až do Srbska, lze zde všude očekávat stejné problémy se silniční mortalitou, jako v úseku, kde probíhal letošní průzkum. Vzhledem k absenci obytné zástavby (= úsek je „méně na očích“), zde rozsah této mortality pouze zůstává skrytý. Dle možnosti lze proto doporučit další provedení průzkumu v delším úseku silnice II/116. Pakliže by důsledkem tohoto průzkumu mělo být vybudování technických opatření na ochranu hadů před silniční mortalitou (která nejsou levná), jeví se jako vhodné vybrat nejen místa s nejvyšší intenzitou překonávání silnice, ale také místa, kde tato technická opatření jsou

fakticky realizovatelná. V rámci celého úseku Karlštejn – Srbsko) přitom letos sledovaný úsek silnice mezi takovátá místa určitě nepatří. Pouze pro přesnost ... populace *N. tessellata* se táhne ještě dále proti proudu na západ, silnice zde již ale přímo podél řeky nevede.

Následující mapka shrnuje dřívější nálezy *N. tessellata* vložené do NDOPu (bez námi pořízených nálezů) v okolí území, kde probíhal náš průzkum.



6. DOPORUČENÍ PRO OCHRANU



Obr. 12: Prostor pod vyústěním Budňanského potoka není pro vybudování bariéry podél silnice příliš vhodný.

Vzhledem k biologickým potřebám užovek podplamatých a danostem zájmového území se nabízí několik možných variant řešení technických opatření na ochranu jejich zdejší populace před silniční mortalitou.

S ohledem na komplikovanost zástavby, doprovodných struktur (mostky, parkoviště, křížení silnic) a přítomnosti lidí v zájmovém území kolem silnice II/116 obecně, je reálné vybudovat tato technická opatření pouze od vyústění Budňanského potoka směrem k západu (tj. proti proudu Berounky). Druhým směrem, tj. po proudu, by bylo možné vybudovat pouze bariéru podél břehu

Berounky a nikoliv podél silnice.

Obec Karlštejn uvažuje s vybudováním chodníku podél silnice na straně směrem k řece a budování bariéry proti vnikání hadů na vozovku v souběhu s touto investicí se jeví jako vysoce vhodné. Opěrné zídky na svahu pod chodníkem by totiž mohly být budovány již s přihlédnutím k potřebám hadů, stejně tak jako by případná bariéra mohla posloužit jako částečné odclonění chodců od vozovky. Porézní těleso z nasypaného kameniva pod chodníkem je ideálním zimovištěm pro hady, a to v celé délce chodníku, navíc v nejvyšších partiích svahu, kam se záplavová voda při povodních dostává nejméně často.

Pro ochranu hadů, ať již samostatně nebo spolu s výše zmíněným chodníkem, lze uvažovat s následujícími technickými opatřeními resp. jejich kombinacemi.

6.1. Vybudování neprostupné bariéry (bez podchodů pod silnicí) podél jižního okraje silnice

Podstatou toho opatření je vybudování neprostupné bariéry, která hadům směrem od řeky zamezí (resp. výrazně omezí) vstupovat na vozovku. Tam, kde se v Karlštejně nacházejí „předzahrádky“, bude třeba tuto bariéru umístit nikoliv v těsné blízkosti silnice, nýbrž až pod tyto „předzahrádky“. Velká variabilita vyráběných komponentů pro bariéru a doprovodné struktury (viz kapitoly č. 7. *Výkresy komponentů systému propustků a zábran* a 9. *Ukázka podchodů v Německu*) umožňuje technicky bezproblémově vyřešit i vjezdy (vstupy) do domů a „předzahrádek“, přiléhajících k silnici. Problémem není ani přítomnost mostu.

Vzhledem ke skutečnosti, že pod silnicí nebudou v této variantě budovány žádné podchody, jedná se o poměrně jednoduché technické řešení, které nijak neovlivní plynulost dopravy. Při adekvátní realizaci je vysoká pravděpodobnost, že na celém úseku tímto dojde k zamezení pronikání hadů na vozovku. Výjimkou budou pouze okrajové partie bariéry, kudy se na silnici budou hadi dostávat z přilehlých (nechráněných) úseků. Prakticky v celé délce takto vzniklé bariéry je mezi silnicí a Berounkou dostatečně široký říční svah, kde se navíc již nyní nachází velké množství mikrobiotopů, potenciálně využitelných jako zimoviště (viz následující fotografie). Je dokonce vysoce pravděpodobné, že v těchto (převážně antropogenních) strukturách již nyní významná část populace hadů (oba druhy *Natrix*) zimuje. Tyto struktury se nacházejí především západně od mostu přes Berouнку.



Obr. 13: Mezi silnicí a Berounkou je množství potenciálně vhodných zimovišť či kladišť



Obr. 14: Dtto obr. 13



Obr. 15: Dtto obr. 13



Obr. 16: Dtto obr. 13



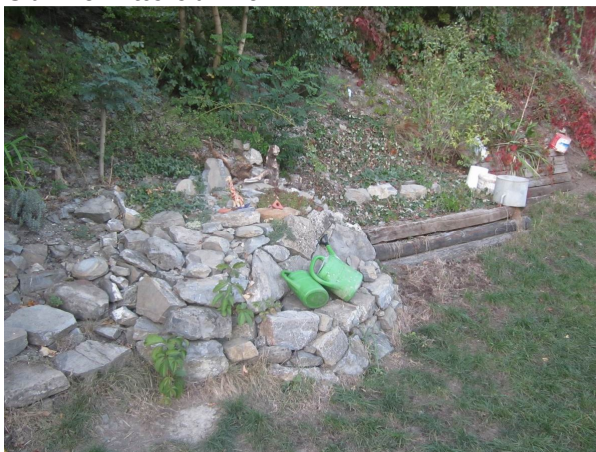
Obr. 17: Dtto obr. 13



Obr. 18: Dtto obr. 13



Obr. 19: Dtto obr. 13



Obr. 20: Dtto obr. 13



Obr. 21: Dtto obr. 13



Obr. 22: Dtto obr. 13

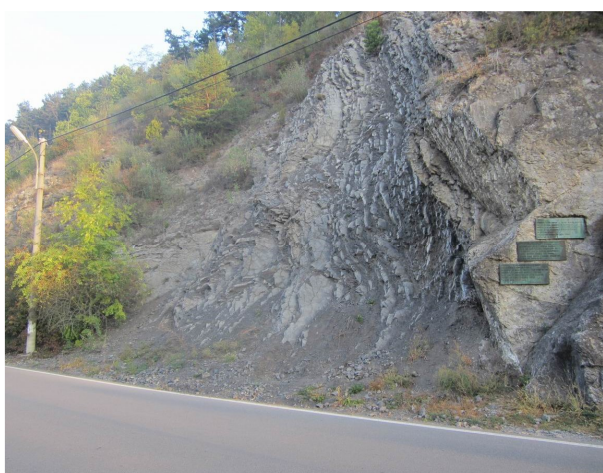


Obr. 23: Přístup k nim mají hadi od řeky zcela bezkonfliktní

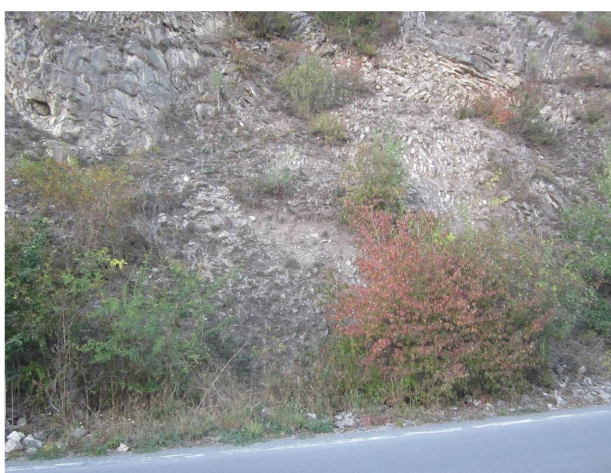


Obr. 24: Dtto obr. 23

V tomto svahu mezi řekou a silnicí (především v úseku od mostu přes Berounku směrem k západu) je pravděpodobně větší množství i pestrost takovýchto potenciálních zimovišť než na druhé straně silnice. Budňanská skála je většinou kompaktní stěna a potenciálních úkrytů zde není až zas tak mnoho (viz následující foto).



Obr. 25: Budňanská skála



Obr. 26: Dtto obr. 25

Úkryty zde ale pochopitelně jsou také, mnohdy kolem domů (viz následující foto).



Obr. 27: Potenciální zimoviště na druhé straně silnice



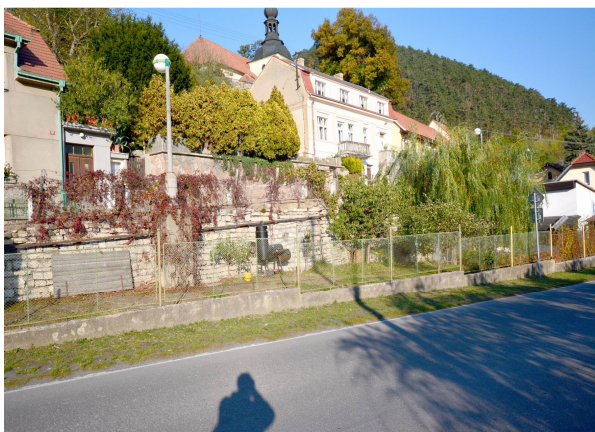
Obr. 28: Dttto obr. 27



Obr. 29: Vyspárované zídka je pro hady jako zimoviště bezcenná.

Ne každá oprava kolem domů ale přináší prospěch také hadům. Pečlivě vyspárovaná kamenná zídka vypadá hezky, hadi se do ní ale nedostanou a jako zimoviště je bezcenná (viz foto 29).

Hadi překonávají silnici také v prostoru mezi mostem přes Berouнку a vyústěním Budňanského potoka. Zde pravděpodobně hledají zimní úkryty v zídkách kolem domů (viz foto 30 a 31).



Obr. 30: Prostor za vozovkou mezi mostem a vyústěním Budňanského potoka



Obr. 31: Vhodných zimovišť zde není mnoho, ale jsou

Také ve svahu mezi řekou a silnicí zde není potenciálních zimovišť mnoho, nicméně i zde se nějaká nabízejí (viz následující foto).



Obr. 33: Dtto obr. 32



Obr. 35: Dtto obr. 34

Map showing the flood-prone area (Záplavové území 5-leté vody) in yellow, with elevation contours and buildings.



Je zřejmé, že svah mezi Berounkou a silnicí II/116 je při každé větší záplavě prakticky celý pod vodou (viz hladina záplavy 5ti leté vody).

V poslední době došlo na Berounce k následujícím povodním (viz <http://www.dibavod.cz>):

(1) 13.8.2002 ... $1.960 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, (2) 29.3.2006 ... $323 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, (3) 28.1.1995 ... $280 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$



Obr. 36: Hladina Berounky za velké povodně v roce 2002

Z těchto údajů je zřejmé, že k povodním na Berounce (minimálně k některým) dochází v době zimování užovek a zde zimující jedinci se tudíž pravděpodobně v některých sezónách utopí. Jedinci, kterým se na podzim podařilo překonat silnici a přezimovat nad čarou záplavy, povodeň přežijí. V důsledku vybudování neprostupné bariéry dojde k zamezení pohybu hadů nad čarou záplavy a tudíž k utopení všech (resp. velké části) hadů zimujících v daném úseku na tomto břehu Berounky.

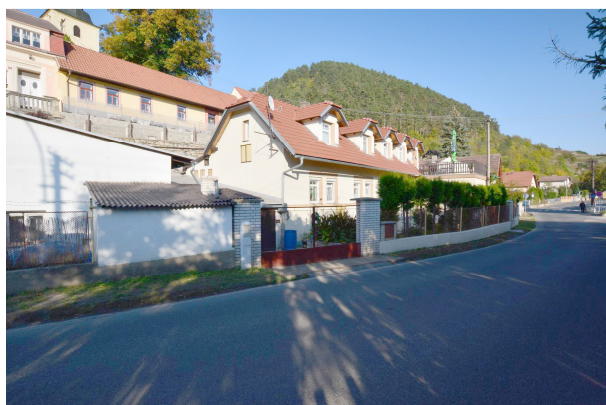
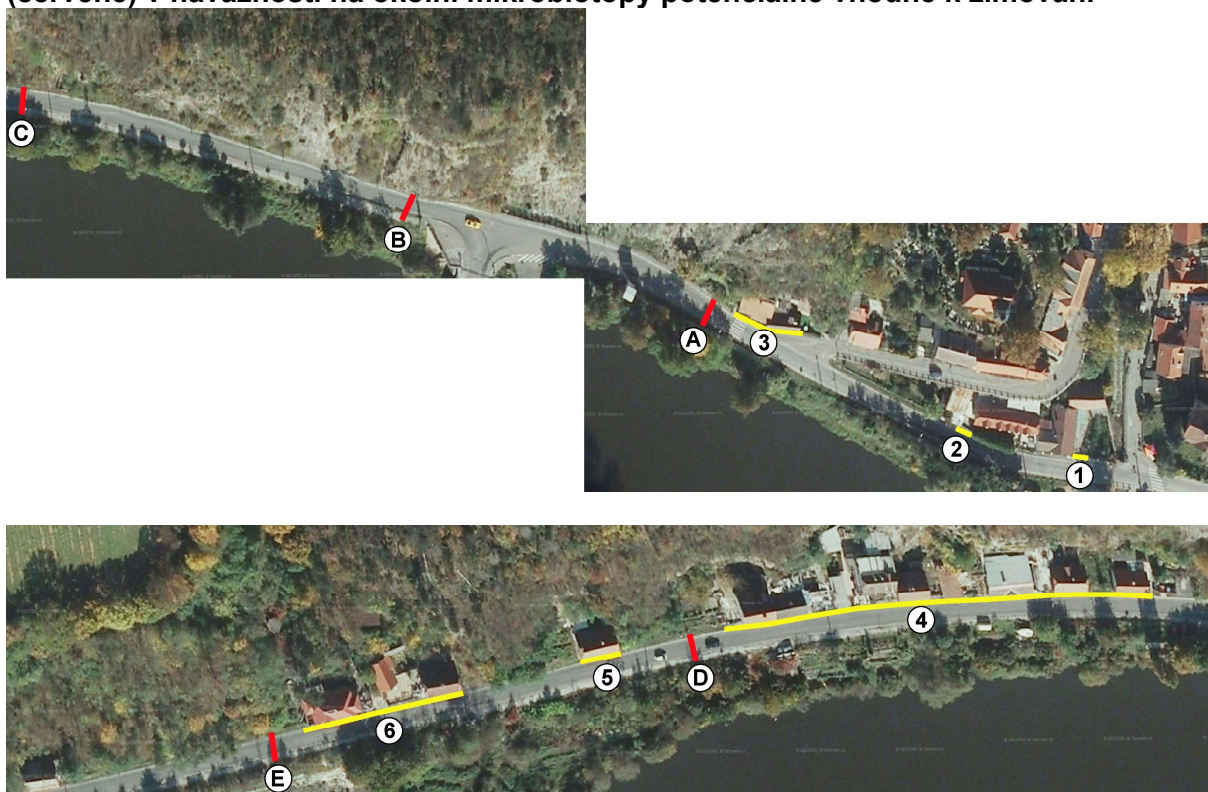
6.2. Vybudování bariéry po obou stranách silnice včetně podchodů pod silnicí

Jedná se o jediné plnohodnotné opatření na ochranu hadů před silniční mortalitou v daném území a zároveň o technicky nejnáročnější variantu řešení. Její podstatou je zamezení vstupu hadů na vozovku jak směrem od řeky (podzimní migrace od řeky do zimovišť), tak také směrem k řece (jarní migrace ze zimovišť k vodě), přičemž migrace je umožněna podchody pod vozovkou. Jedná se o řešení, které umožní „volný“ pohyb oběma směry a nehrozí zde tudíž nebezpečí utopení celé zdejší populace v zimovištích ve svahu pod silnicí.

Zatímco směrem od řeky je bariéra bezproblémově realizovatelná v celém úseku, na druhé straně silnice se nacházejí úseky, kde bude její výstavba obtížná, případně realizovatelná pouze po dohodě s vlastníky domů přiléhajících k silnici. Aby tato varianta byla účinná, je přitom nezbytné, aby obě strany vozovky byly kompletně uzavřeny. V opačném případě hrozí nebezpečí, že neuzavřenými úseky se hadi budou dostávat na vozovku a na její druhé straně narazí na nepřekročitelnou bariéru. Důsledkem bude jejich přejetí automobily. Výstavba bariéry bude obtížena především v místech se zástavbou (viz následující mapky). Vzhledem k pestrosti prvků, které jsou pro ní k dispozici (viz kapitola č. 7. *Výkresy komponentů systému propustků a zábran*) je však technicky možná všude, a to aniž by došlo k omezení přístupů k výše zmíněným domům.

Vždy, když se po obou stranách vyústění podchodů nacházejí vhodné mikrobiotopy, platí obecně ... čím více podchodů, tím lépe. Umisťování podchodů bez návaznosti na vhodné mikrobiotopy po obou stranách jejich vyústění znamená, že dochází k budování biologických pastí.

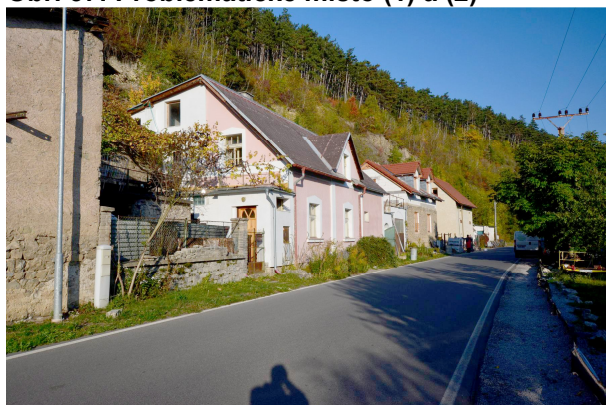
Místa problematická z hlediska výstavby bariéry (žlutě) a situování podchodů (červeně) v návaznosti na okolní mikrobioty potenciálně vhodné k zimování



Obr. 37: Problematické místo (1) a (2)



Obr. 38: Problematické místo (3)



Obr. 39: Problematické místo (4) východ



Obr. 40: Problematické místo (4) západ



Obr. 41: Prostor situování podchodu (A)



Obr. 42: Prostor situování podchodu (B)



Obr. 43: Prostor situování podchodu (C)



Obr. 44: Prostor situování podchodu (D)



Obr. 45: Prostor situování podchodu (E)

Poznámka: Místa návrhů situování podchodů jsou pouze orientační

6.3. Vybudování náhradních zimovišť mezi silnicí a řekou (bez budování bariéry)

Jedná se o technicky nejjednodušší variantu. Její podstatou není zamezení vstupu hadů na vozovku, nýbrž jejich nasměrování jinam tím, že se jim nabídnou vhodná zimoviště již v prostoru mezi řekou a silnicí. V tomto prostoru (především západně od mostu přes Berounku) se již nyní nachází velké množství takovýchto struktur, potenciálně využitelných jako zimoviště. Vzhledem ke skutečnosti, že i přesto zde stále dochází k migracím přes silnici (a k silniční mortalitě), není pravděpodobné, že by důsledkem vybudování dalších zimovišť došlo k úplné eliminaci této mortality. Lze však očekávat její snížení. Nalákání hadů (kteří by normálně zimovali až za silnicí) do těchto náhradních zimovišť však v sobě nese riziko jejich utopení při časně jarních povodních (viz výše uvedený bod č. 1. *Vybudování neprostupné bariéry (bez podchodů pod silnicí) podél jižního okraje silnice*).

Inspirace pro technické řešení náhradních zimovišť je prezentována v kapitole č. 4.9. *Ukázky vybudovaných náhradních zimovišť pro hady*.

Na následujících fotografiích (obr. 47 až 50) je vidět místa, která se pro náhradní zimoviště jeví jako vhodná. Je zde uvedena i jejich GPS lokace. Vzhledem k mobilitě hadů není přítom

nutné, aby tato náhradní zimoviště byla situována přesně v místech, kde dochází k nejintenzivnější migraci hadů přes vozovku. Spíše by mělo být přihlédnuto k faktické možnosti v daném prostoru zimoviště vybudovat (prostor mezi řekou a silnicí je na většině míst poměrně úzký a strmý a vhodných míst zde není až zas tak mnoho). Na všech navržených místech se již nyní navíc nacházejí nasypané (resp. sesunuté) hromady kamení, na které je možno se zimovišti navázat. Navržená místa se vždy nacházejí v dostatečné vzdálenosti od struktur (viz obr. 13 až 22), která se již nyní jeví jako vhodná zimoviště; jednak proto, aby nedošlo k narušení stávajících vazeb hadů na tyto struktury a dále také proto, že tyto struktury jsou situovány v „předzahrádkách“, kde by se zásahy nesetkaly s pochopením majitelů. Obecně platí, že jednodušší bude budování náhradních zimovišť co nejdále od obytné zástavby. Vzhledem k minimalizaci narušení faktorů pohody obyvatel se jako vhodný jeví kupř. (1) prostor západně od mostu a prvním domem (čp. 124), (2) prostor za posledním domem (čp. 123) proti kempu, (3) prostor svahu nad náplavou zpustlého zahradnictví a (4) prostor východně od mostu směrem k vyústění Budňanského potoka (zástavba severně od silnice zde na většině míst neumožňuje vybudování funkčního podchodu).



Obr. 46: Pohled na břeh Z od mostu



Obr. 47: Možný prostor realizace zimoviště (GPS: 49°56'1.520"N, 14°10'57.047"E)



Obr. 48: Další možný prostor pro zimoviště v tomto úseku silnice (GPS: 49°56'2.956"N, 14°10'53.609"E)



Obr. 49: Další možné místo se nachází Z od mostu, kde ještě nejsou žádné „předzahrádky“ (GPS: 49°56'4.25"S 14°10'47.46"V)

Směrem více proti proudu (v prostoru „předzahrádek“) je potenciálních míst pro vybudování náhradních zimovišť velké množství, lze zde ale očekávat odpor vlastníků. Jako přijatelná místa se tudíž hodí ta, kde zde nejsou předzahrádky, případně někdy v prostoru zpustlého zahradnictví na náplavě (cca GPS: 49°56'3.318"N, 14°10'27.376"E).



Obr. 50: Nedaleko od Vokraje zpustlého zahradnictví je již dnes hromada kamení Berounku
(GPS: 49°56'4.387"N, 14°10'31.373"E)



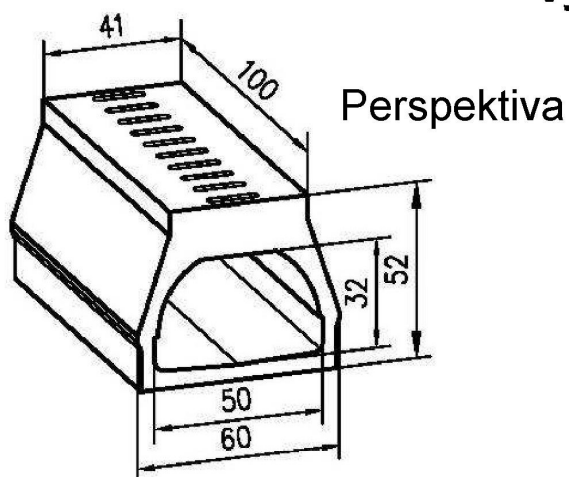
Obr. 51: Pohled na břeh Z od mostu přes Berounku

6.4. Kombinace bodů (6.1.) a (6.2.) resp. (6.1.) a (6.3.)

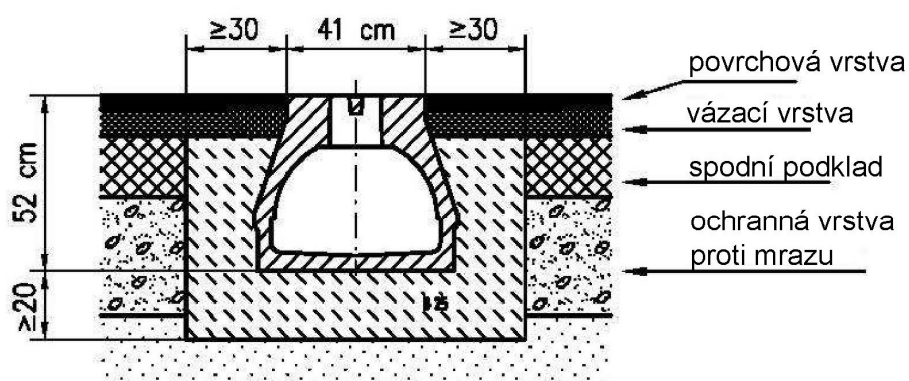
Realizace bariéry může být doplněna o vybudování náhradních zimovišť (mezi řekou a silnicí). Vhodné se toto jeví především u bariéry jednostranné, neprostupné. Jak ale bylo výše uvedeno, vždy je třeba mít na mysli, že náhradní zimoviště v tomto prostoru budou čas od času zaplavena při povodni vodou. Budování náhradních zimovišť na druhé straně silnice doporučit nelze ... jednak zde nejsou vhodná místa a dále by docházelo k nežádoucímu lákání hadů přes vozovku (= biologická past).

7. VÝKRESY KOMPONENTŮ SYSTÉMU PROPUSTKŮ A ZÁBRAN

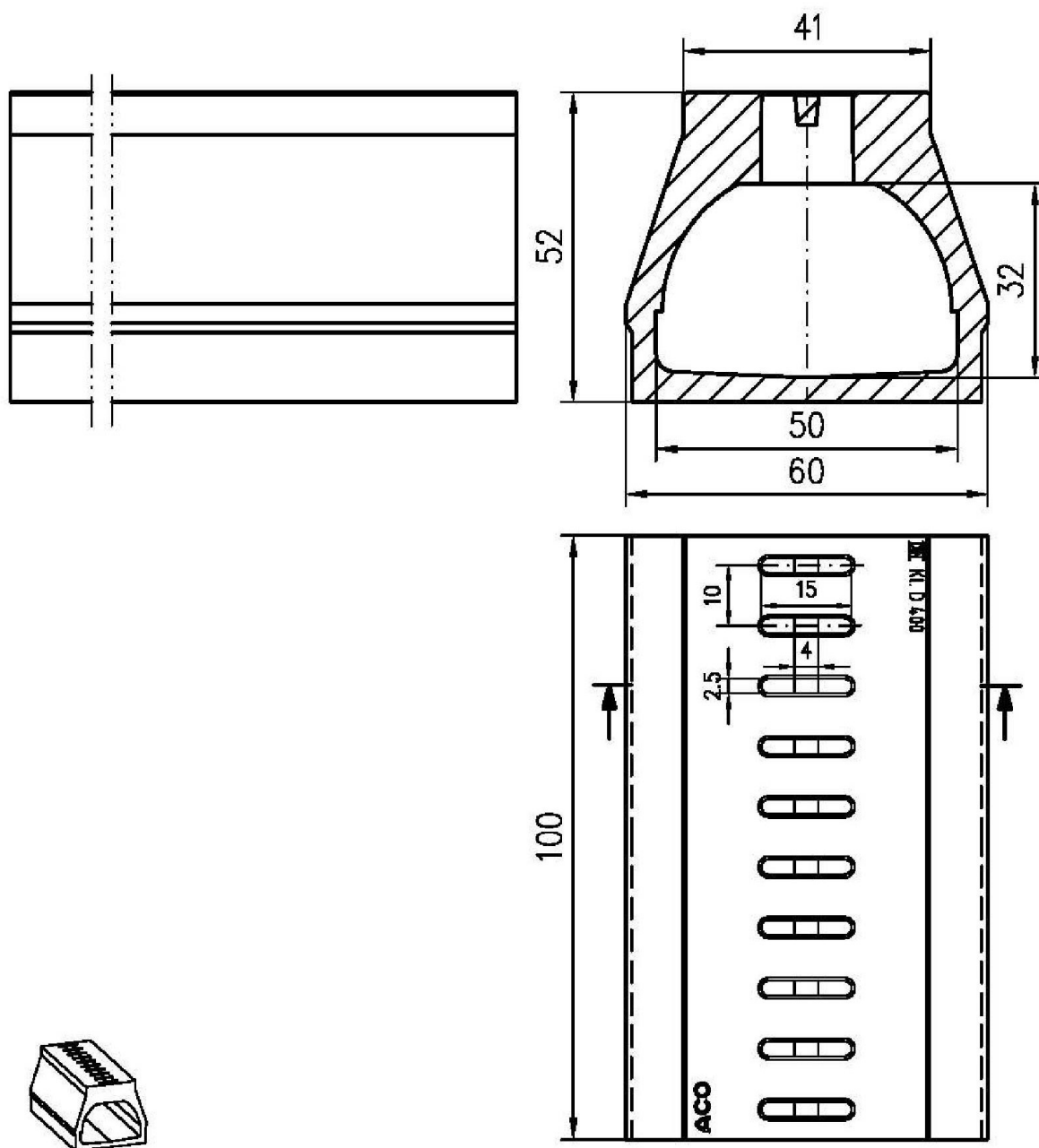
**Obr. 1: Propustek se stropními otvory,
výška 52 cm**



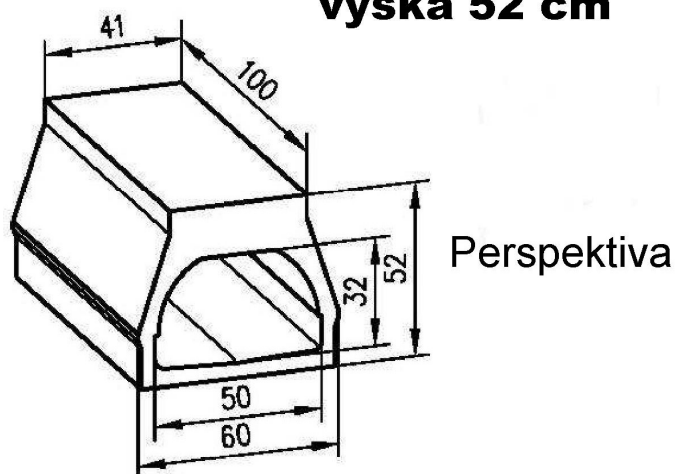
Příčný řez vestavbou do vozovky



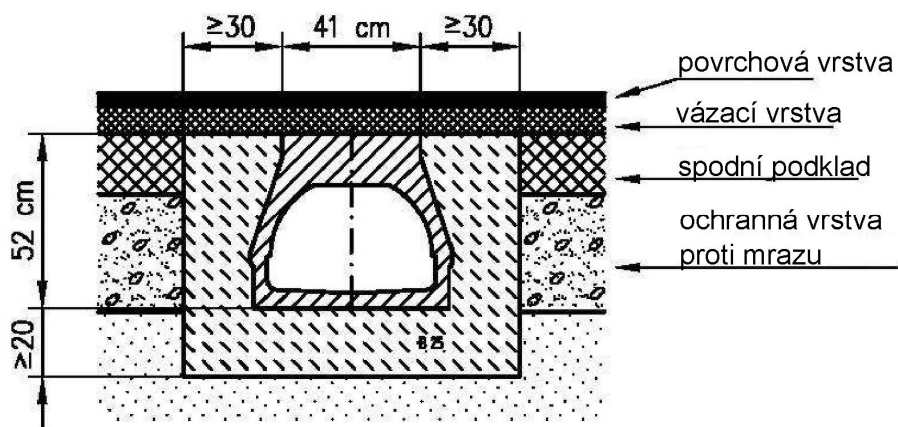
**Obr. 2: Propustek se stropními otvory,
výška 52 cm, detail otvorů**



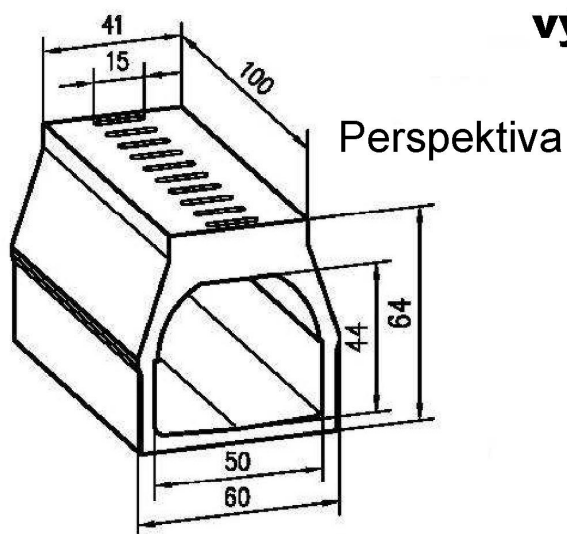
**Obr. 3: Propustek bez otvorů,
výška 52 cm**



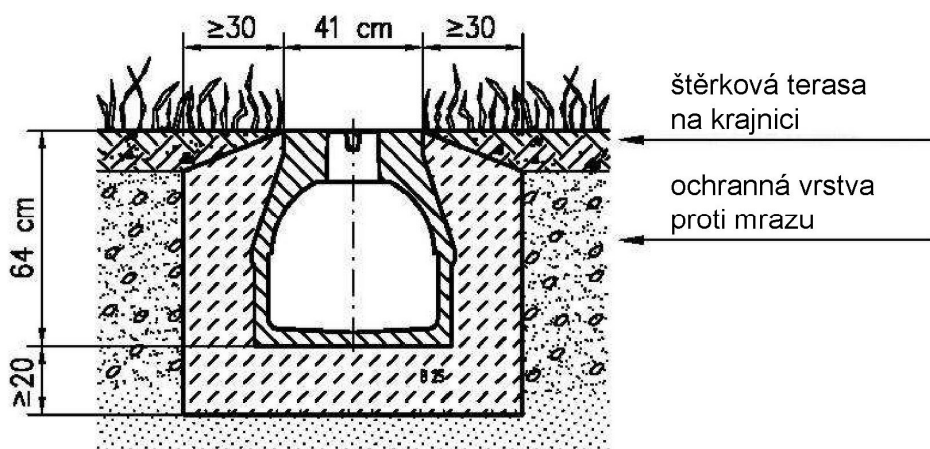
Příčný řez vestavbou do vozovky



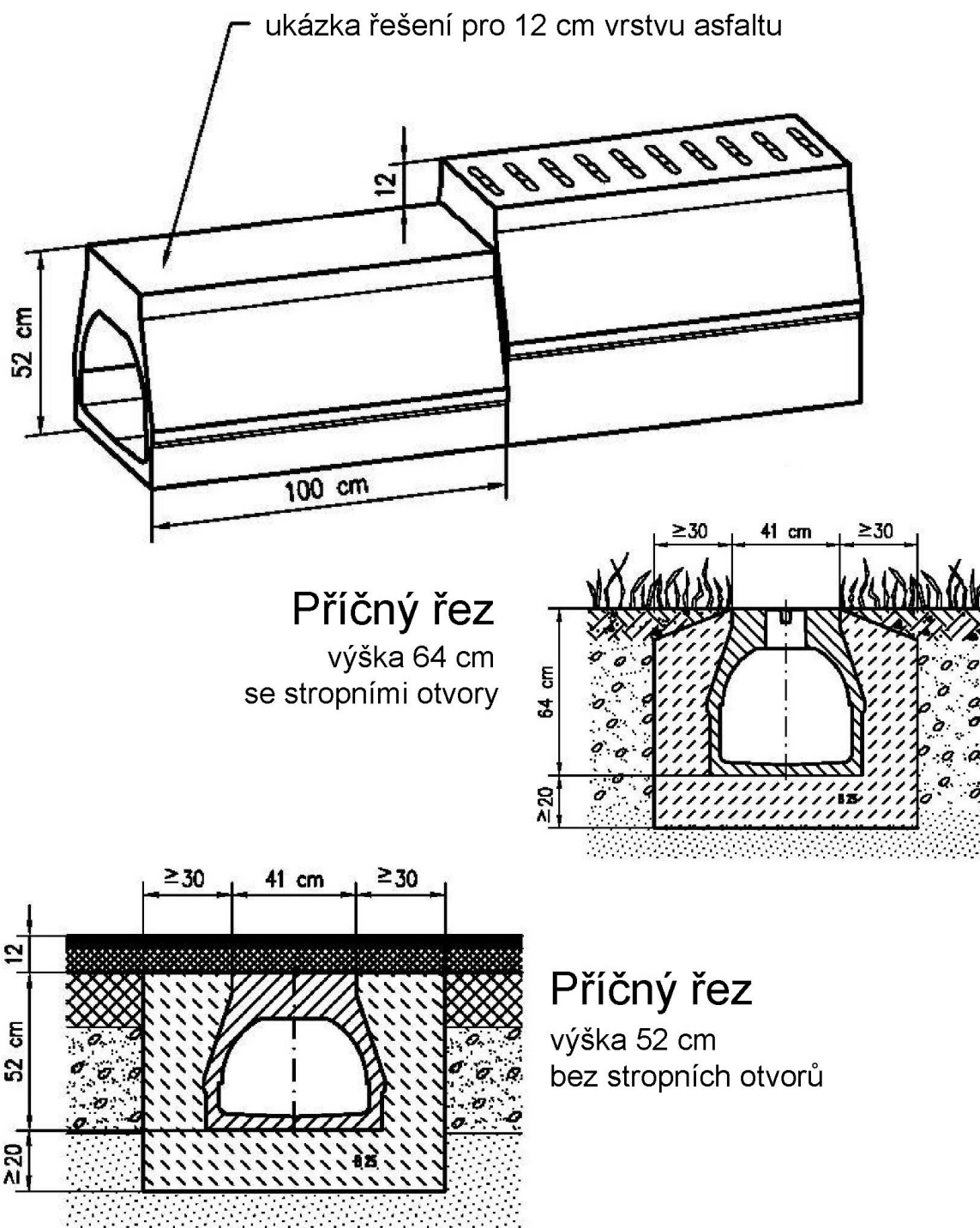
**Obr. 4: Propustek se stropními otvory,
výška 64 cm**



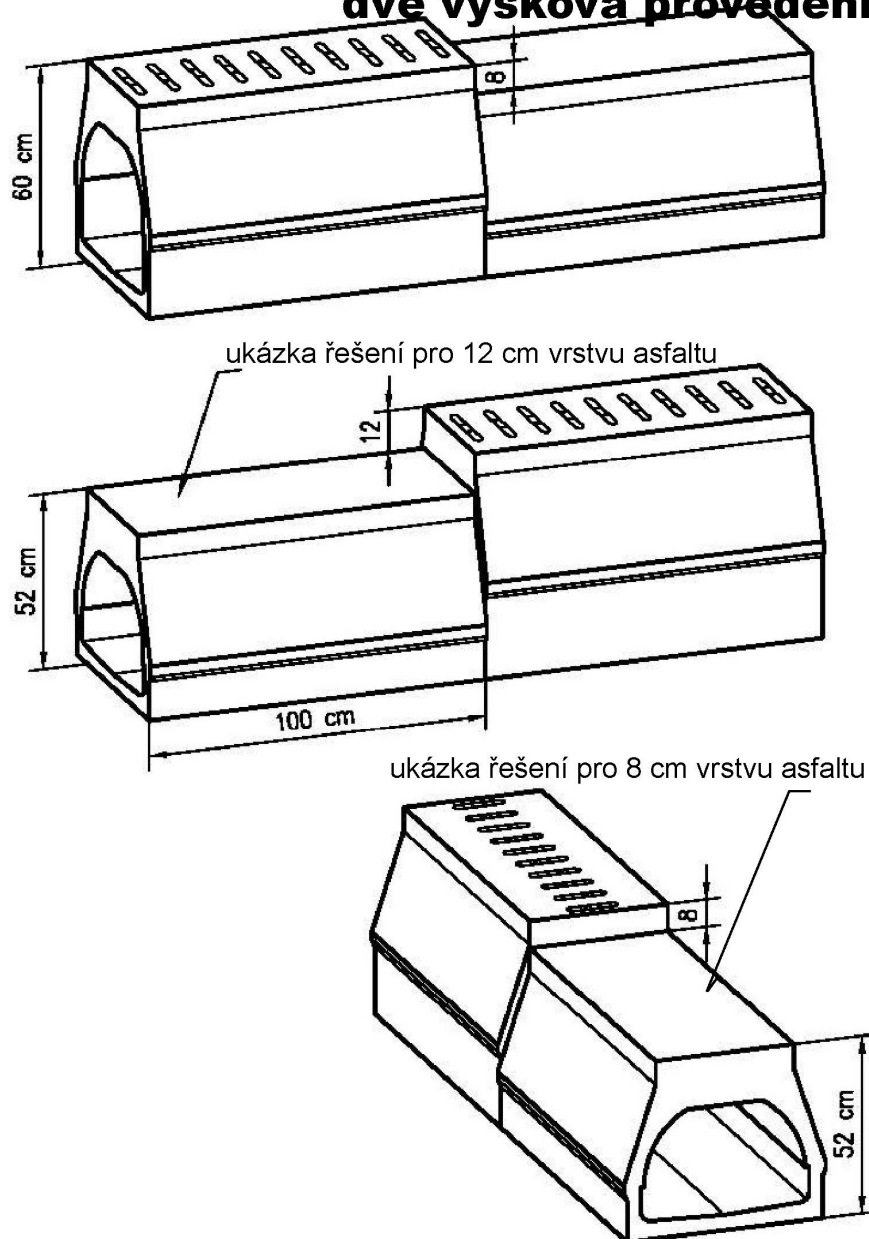
Příčný řez vestavbou do vozovky



Obr. 5: Propustek kombinovaný, výška 52 a 64 cm



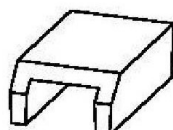
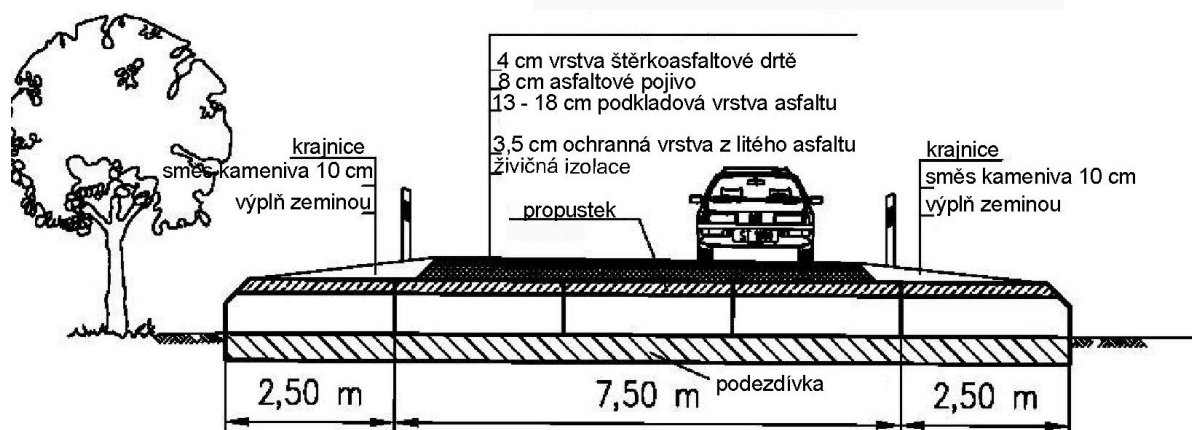
**Obr. 6: Propustek kombinovaný,
dvě výšková provedení**



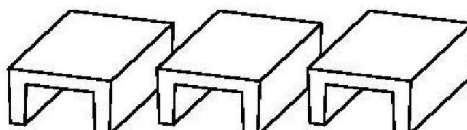
Obr. 7: Propustek na podpěrách celkové umístění

Umístění propustku na podpěrách napříš komunikací je tvořeno z:

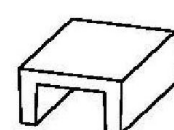
1x prvek - délka 2,50 m / 45°, 3x prvek - délka 2,50 m / 45°, 1x prvek - délka 2,50 m / 45°



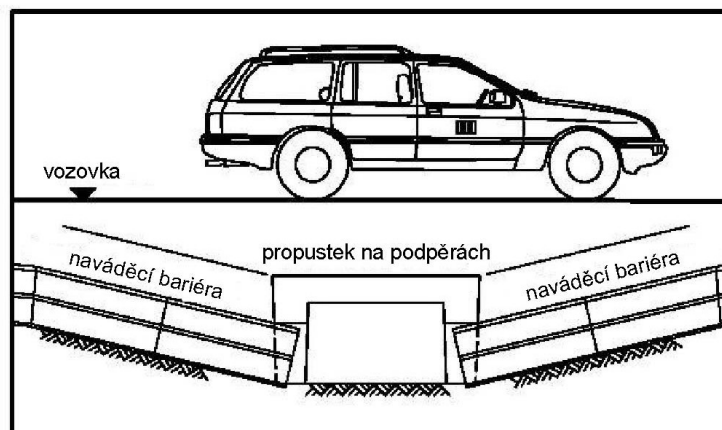
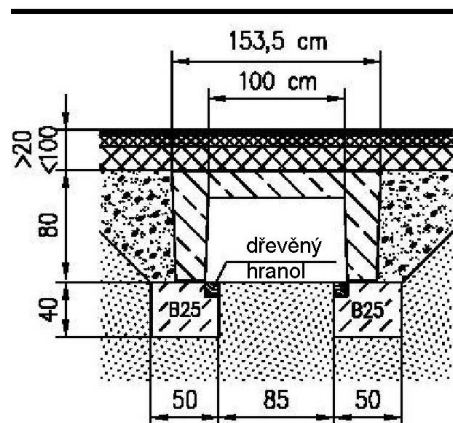
prvek propustku na podpěrách, zkosení 45°, délka 2,50 m



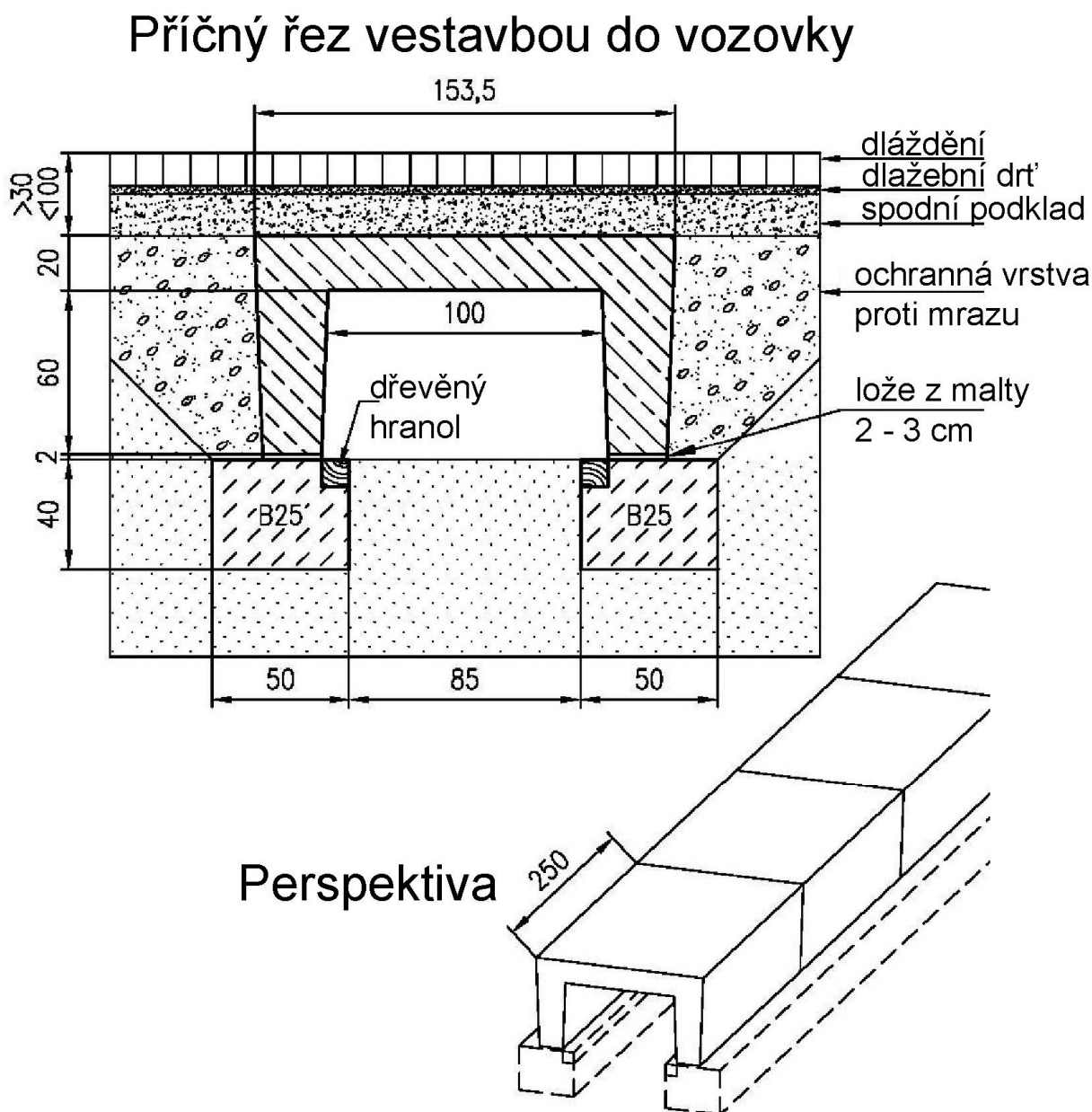
3 prvky propustku na podpěrách, bez zkosení, délka 2,50 m



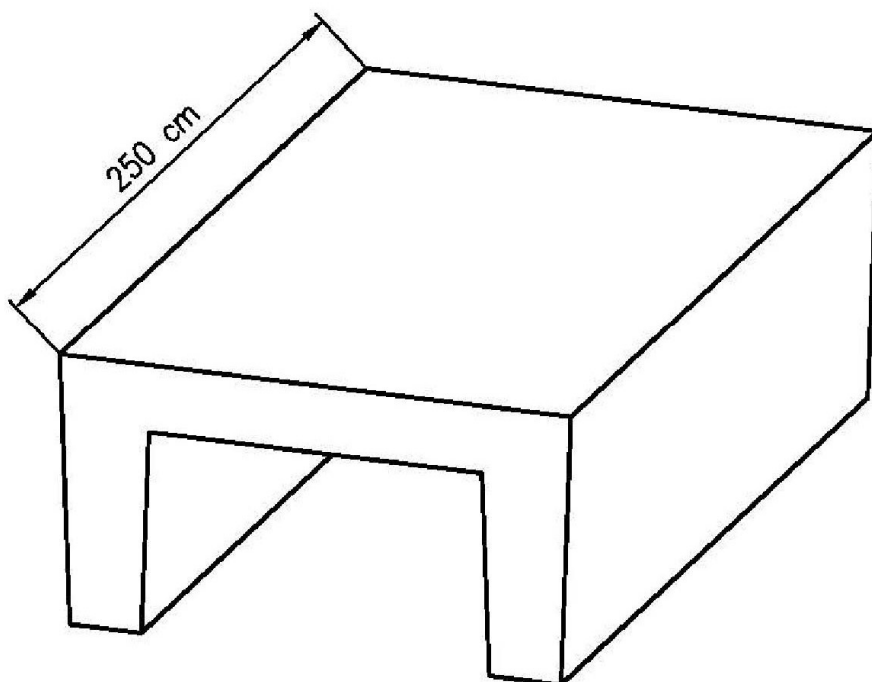
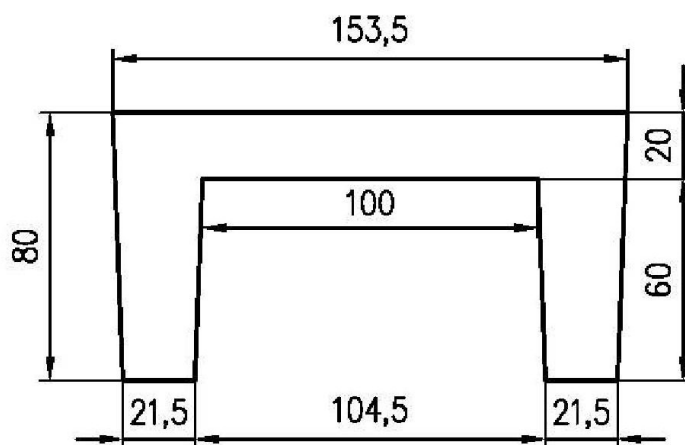
prvek propustku na podpěrách, zkosení 45°, délka 2,50 m



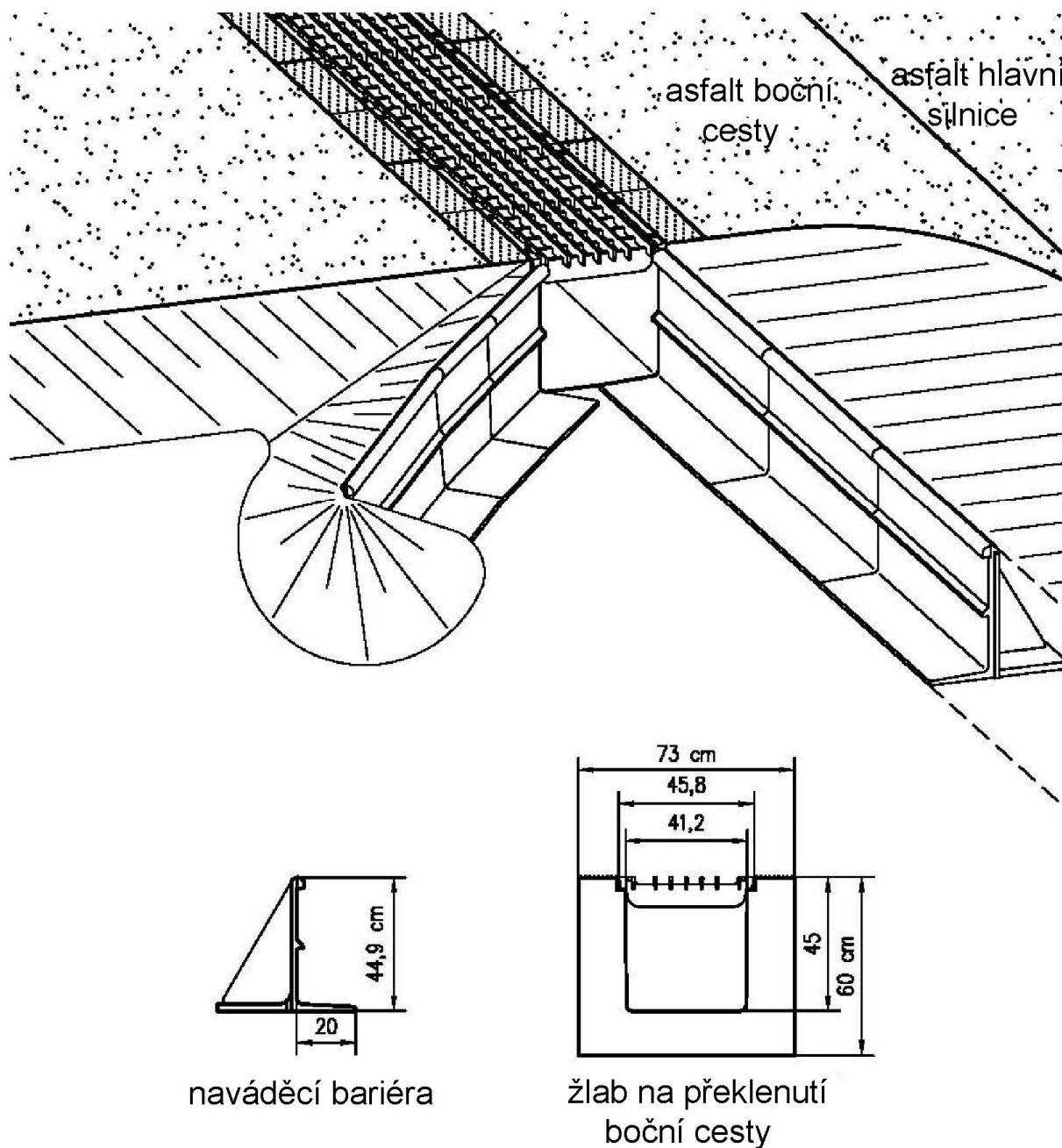
Obr. 8: Propustek na podpěrách vestavba do vozovky



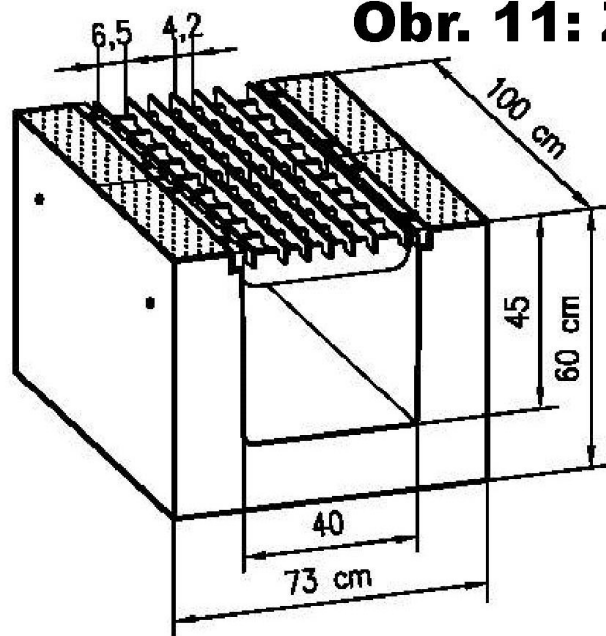
Obr. 9: Propustek na podpěrách, rozměry



Obr. 10: Vstup do překlenutí boční cesty



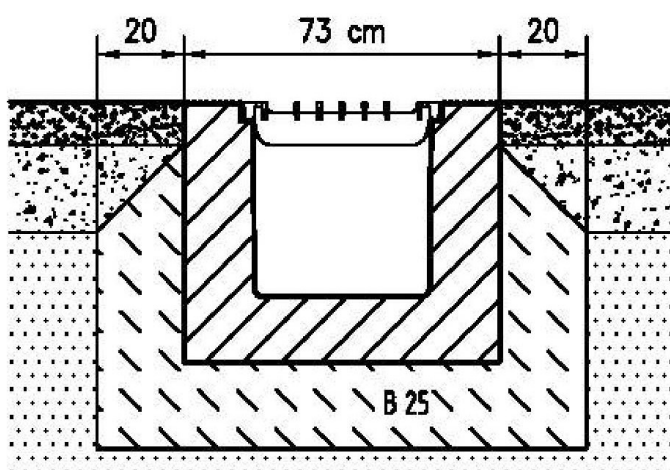
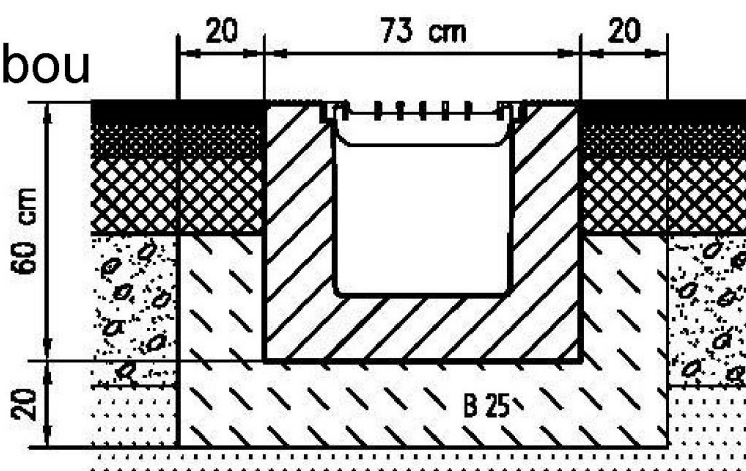
**Obr. 11: Žlab na překlenutí
boční cesty**



Perspektiva

Příčný řez vestavbou
do boční cesty

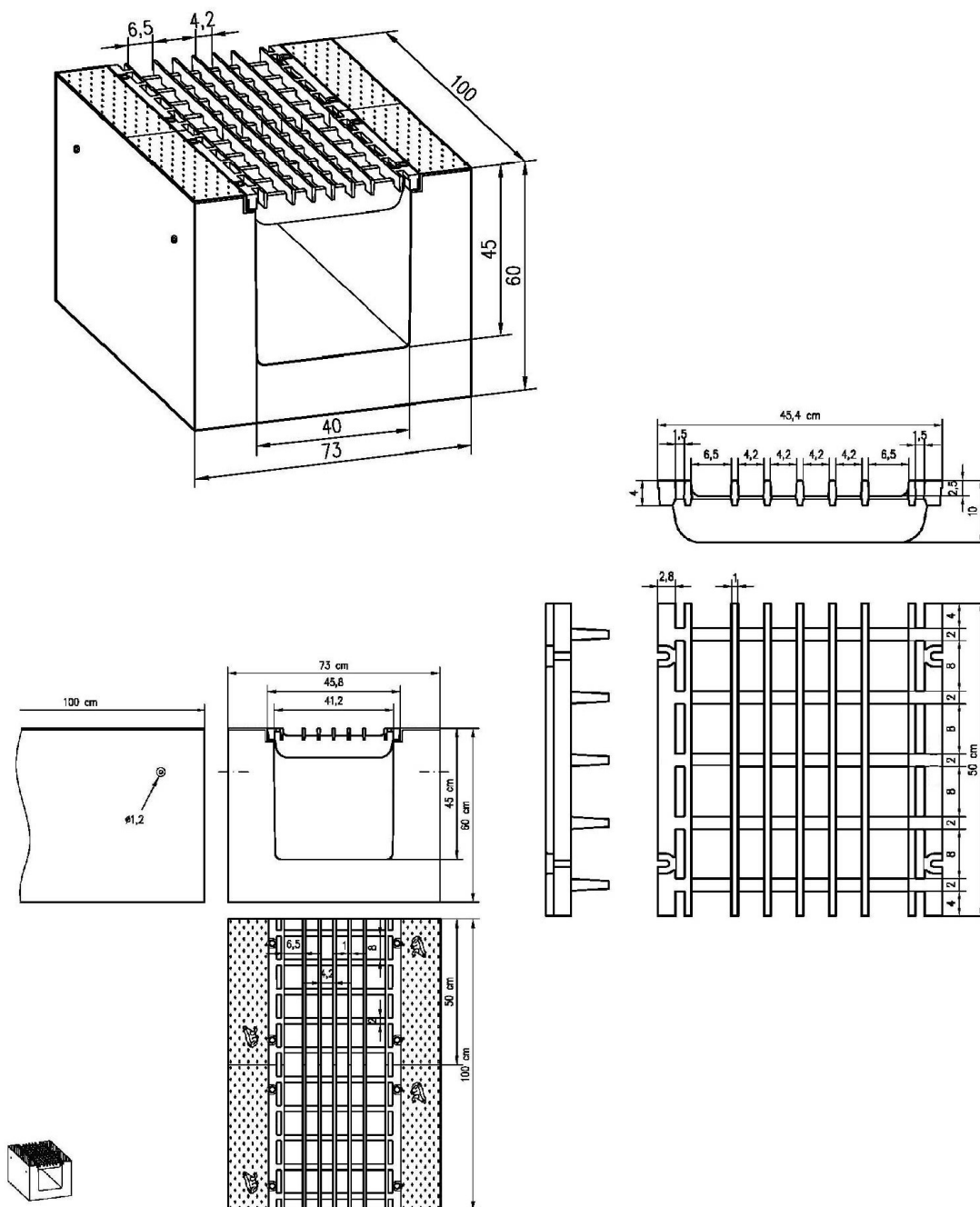
upevnění žlabu v asfaltu



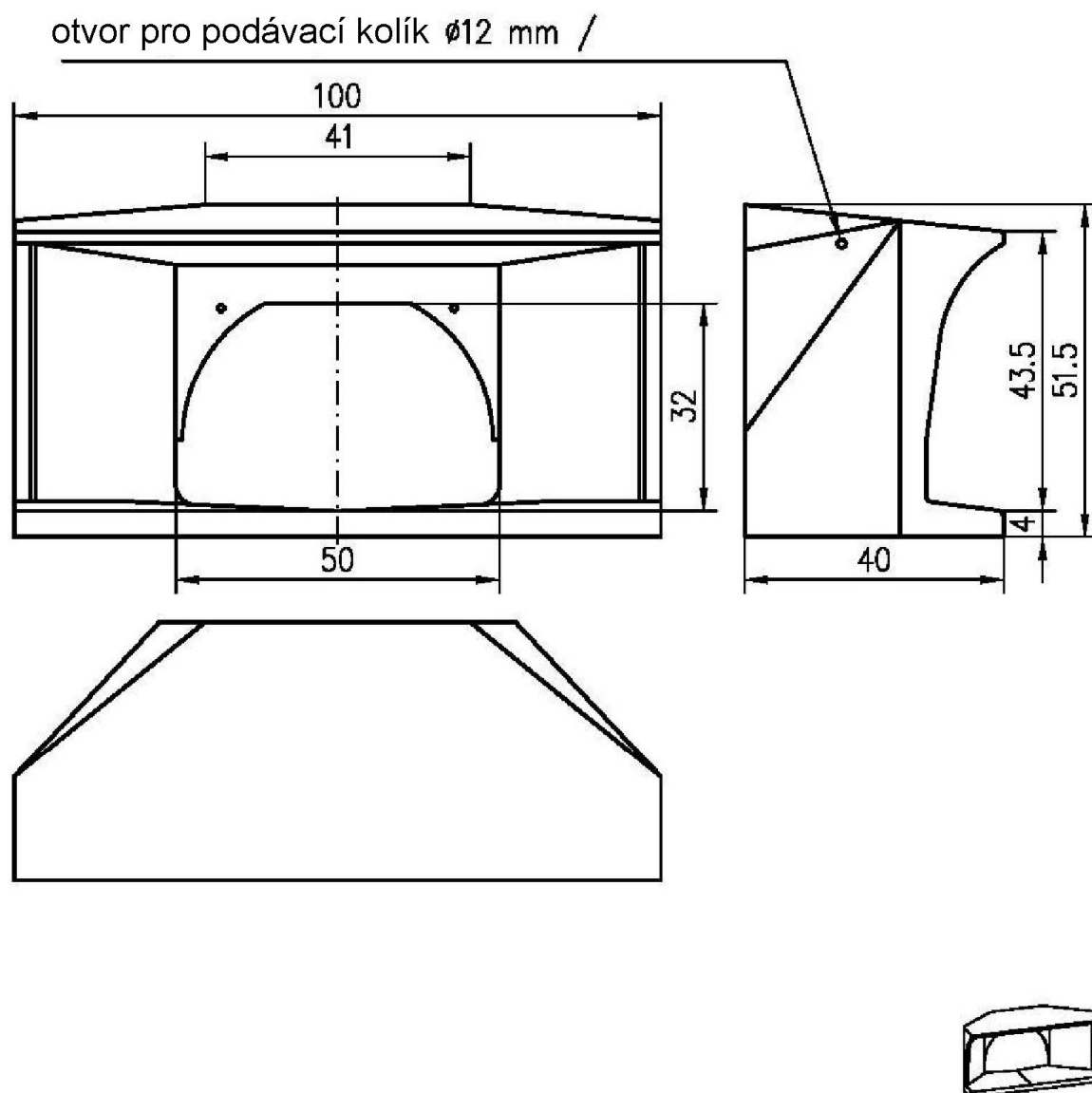
Příčný řez vestavbou
do boční cesty

upevnění žlabu v desce
vázané proti vodě

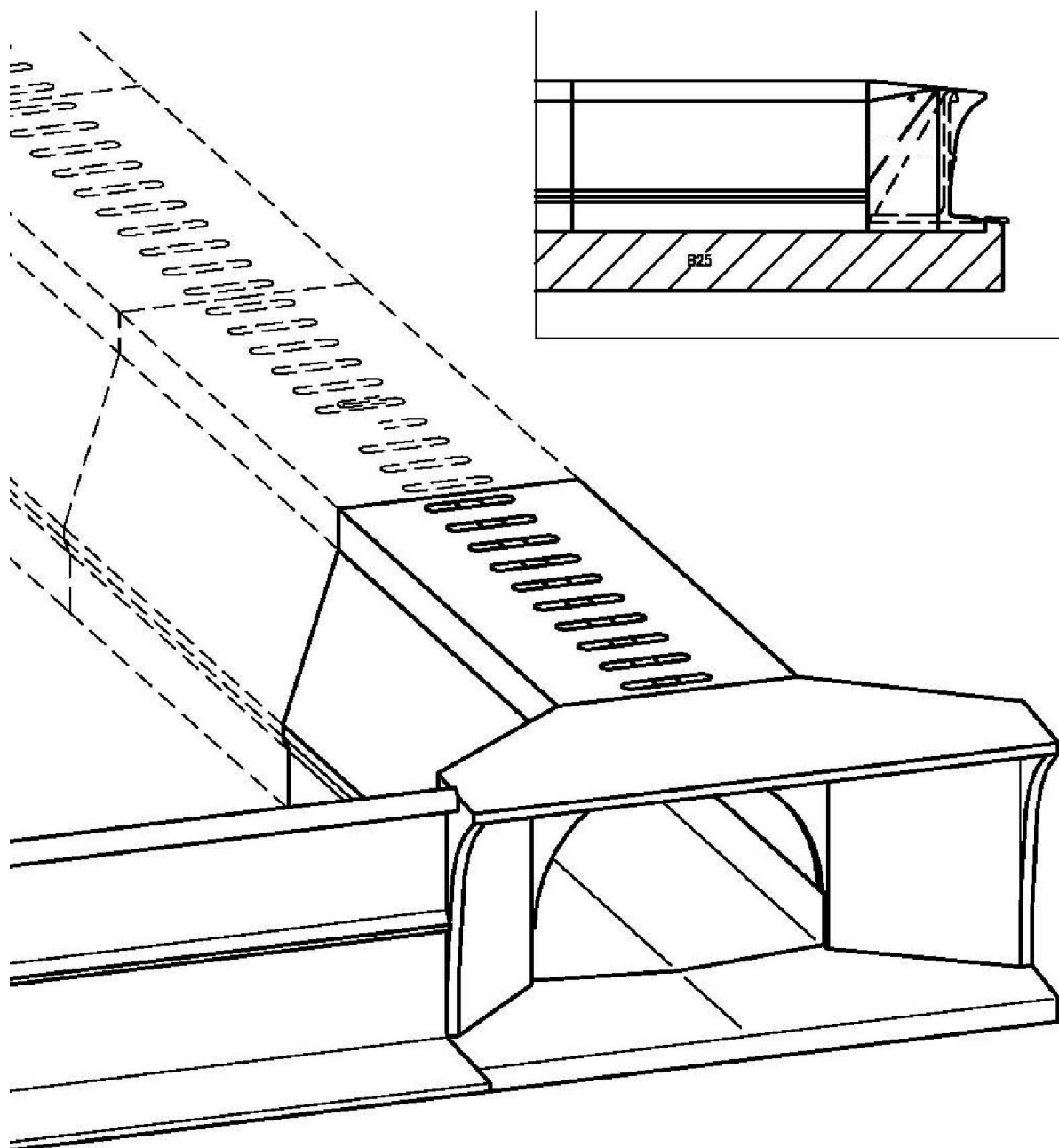
**Obr. 12: Žlab na překlenutí
boční cesty, detaily**



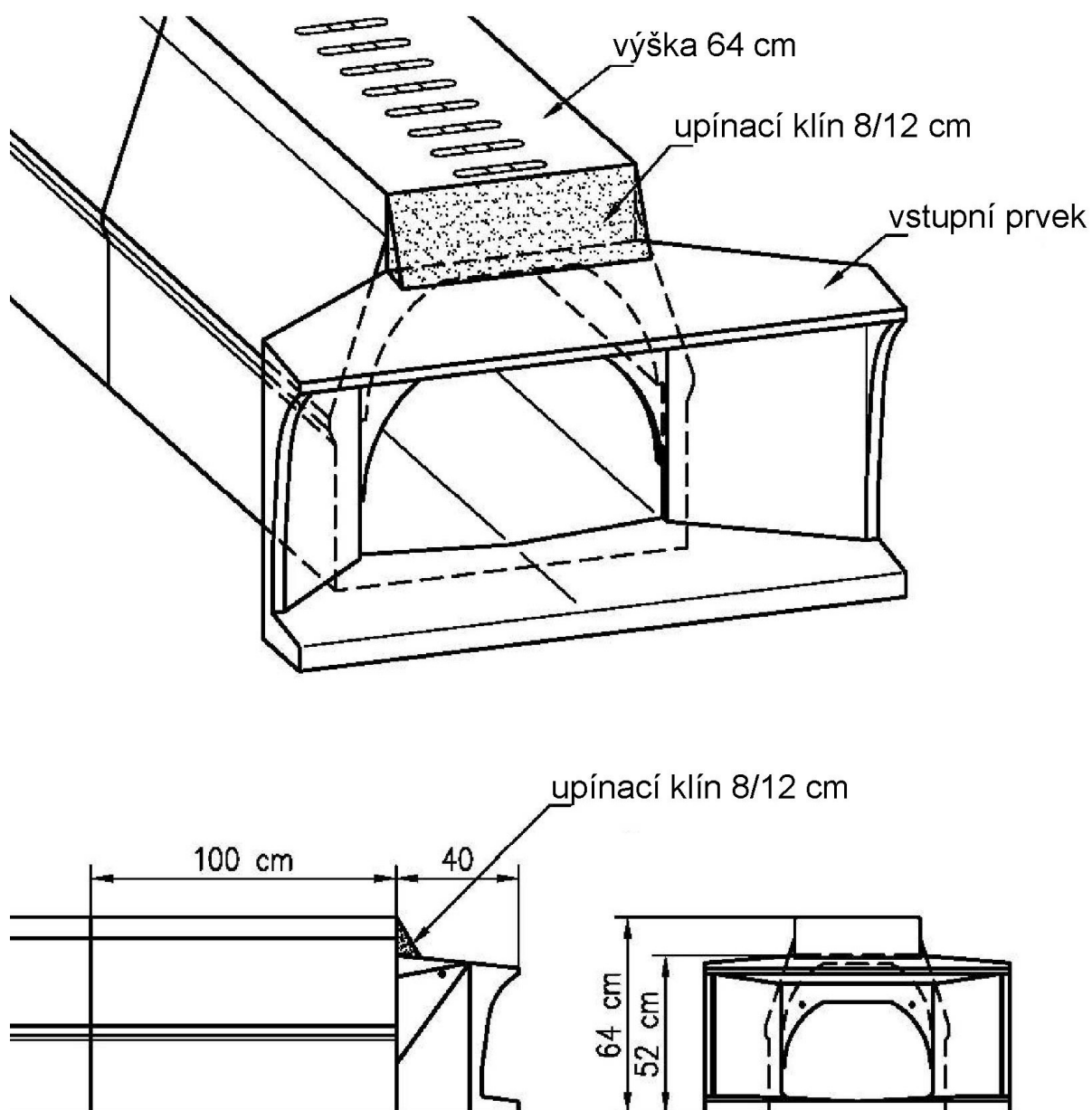
Obr. 13: Vstup do propustku



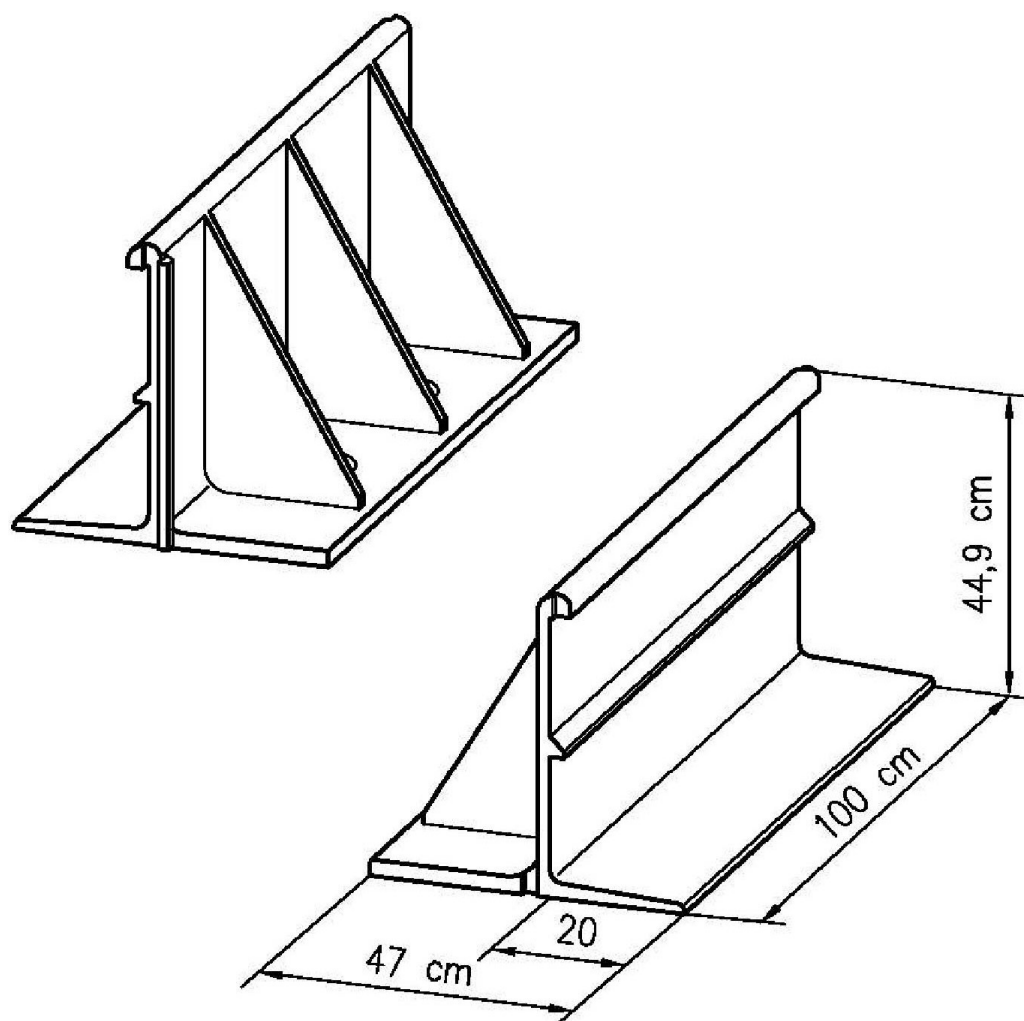
Obr. 14: Napojení vstupního prvku na propustek vysoký 52 cm



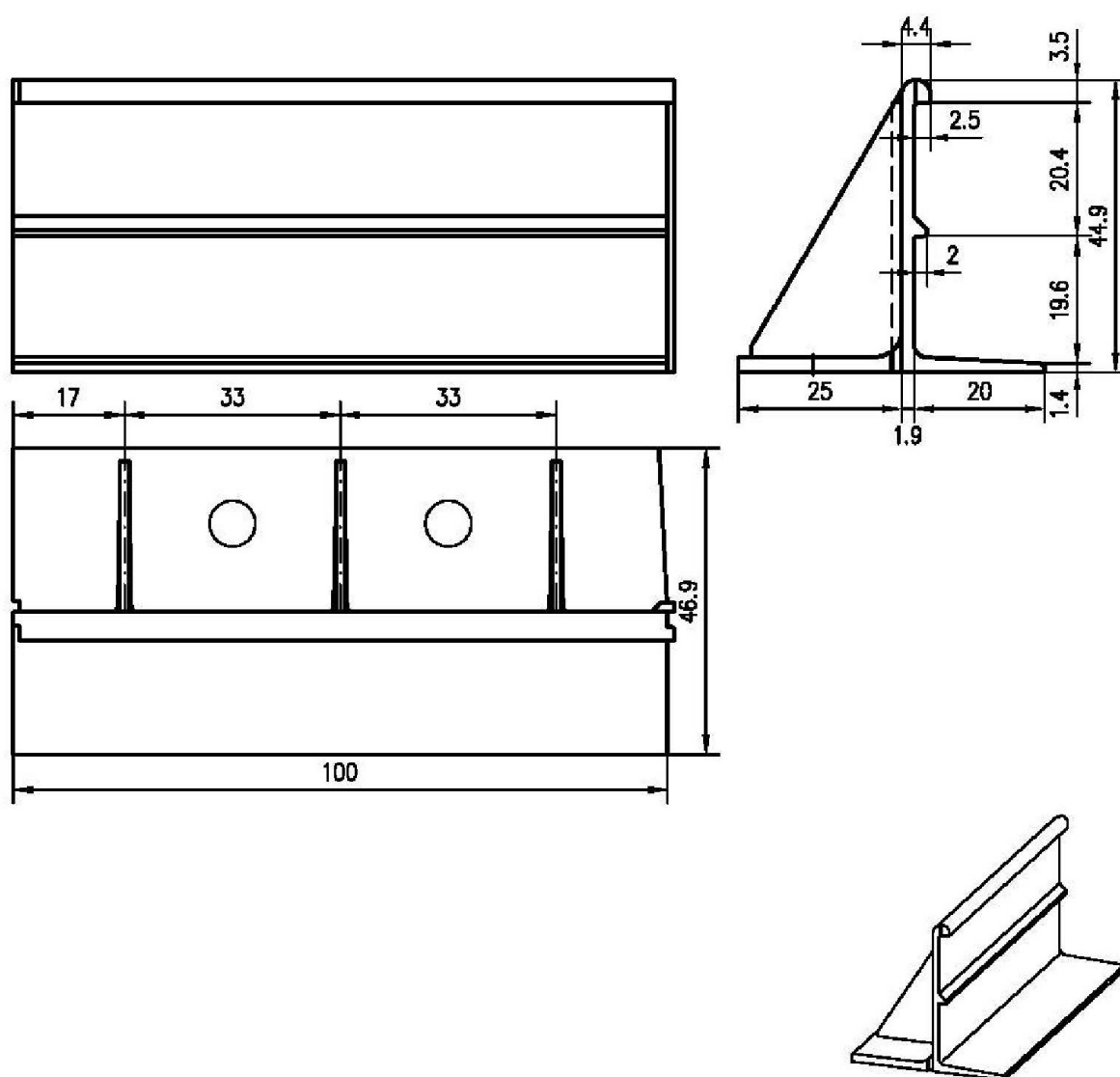
Obr. 15: Napojení vstupního prvku na propustek vysoký 64 cm



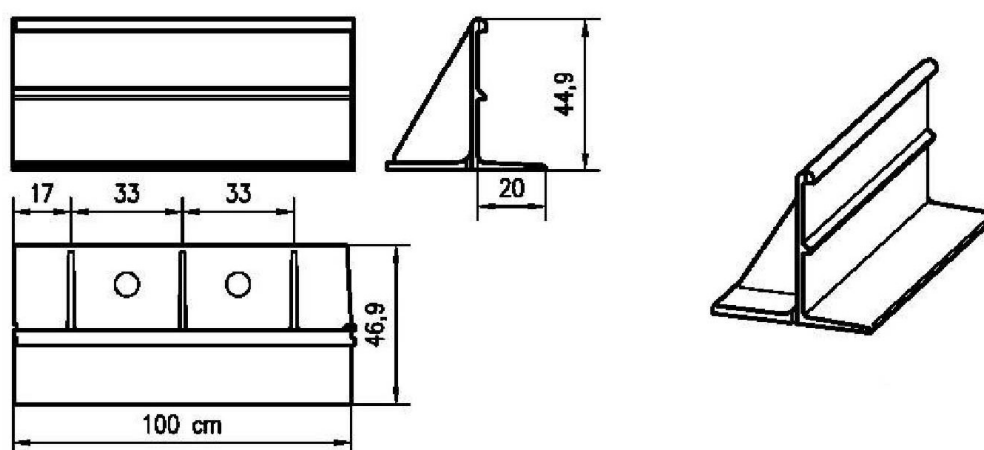
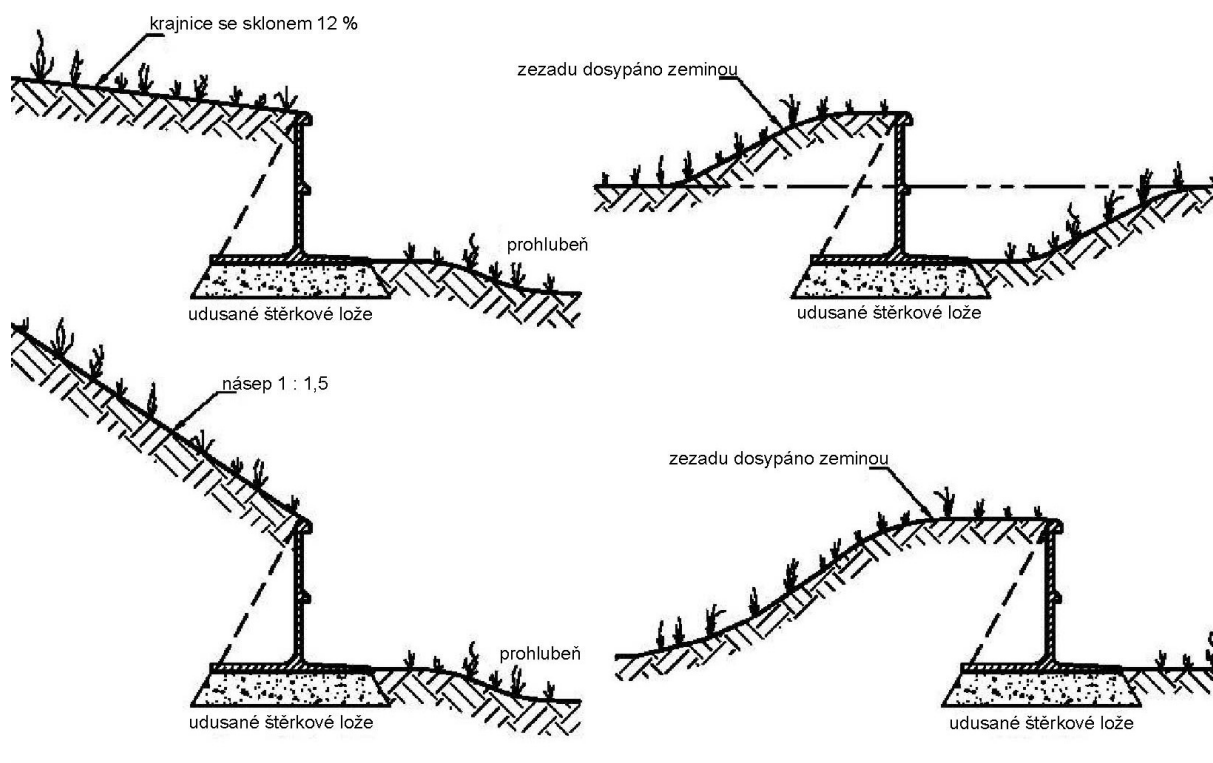
Obr. 16: Prvek naváděcí bariéry, perspektiva



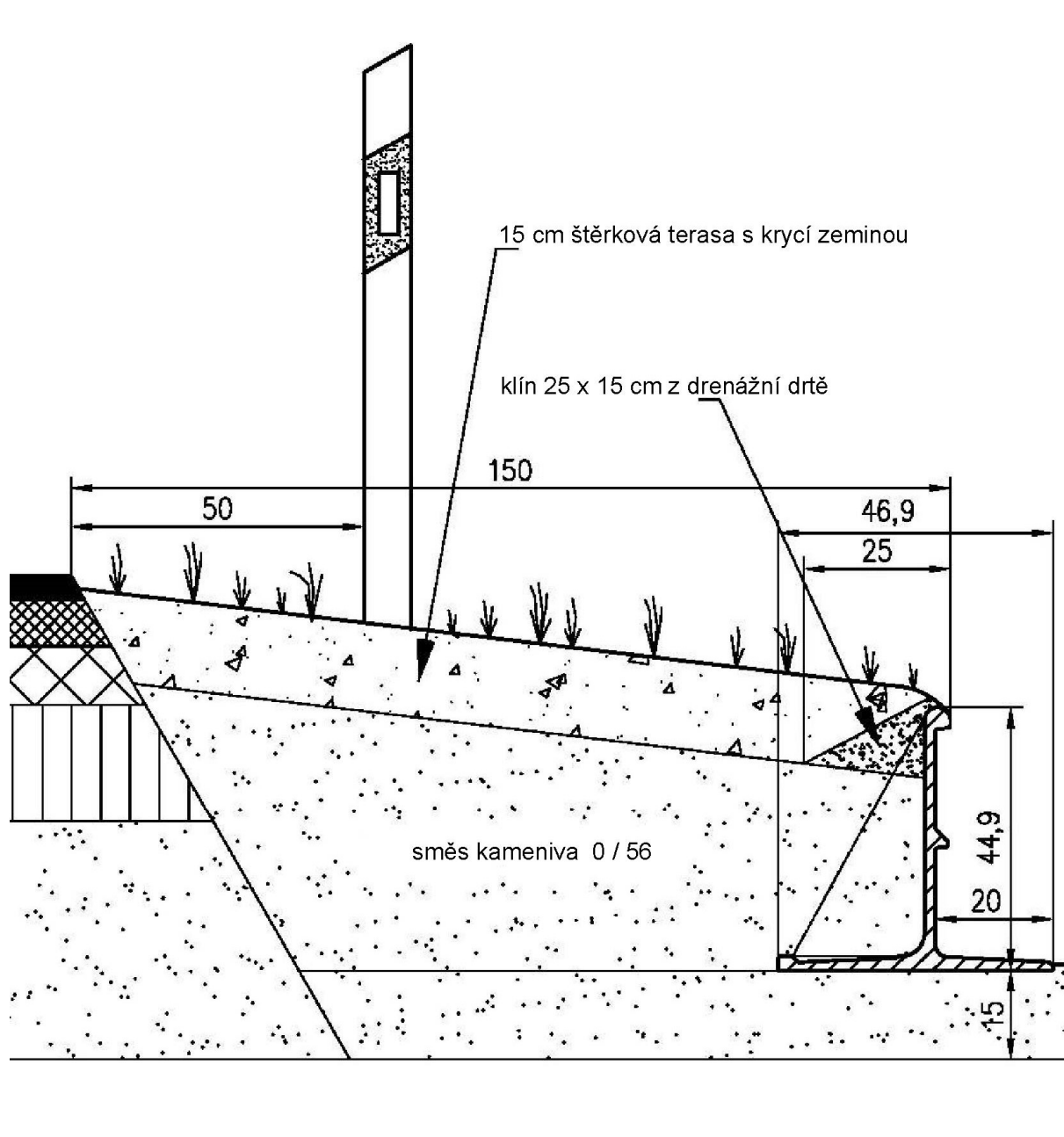
Obr. 17: Prvek naváděcí bariéry, rozměry



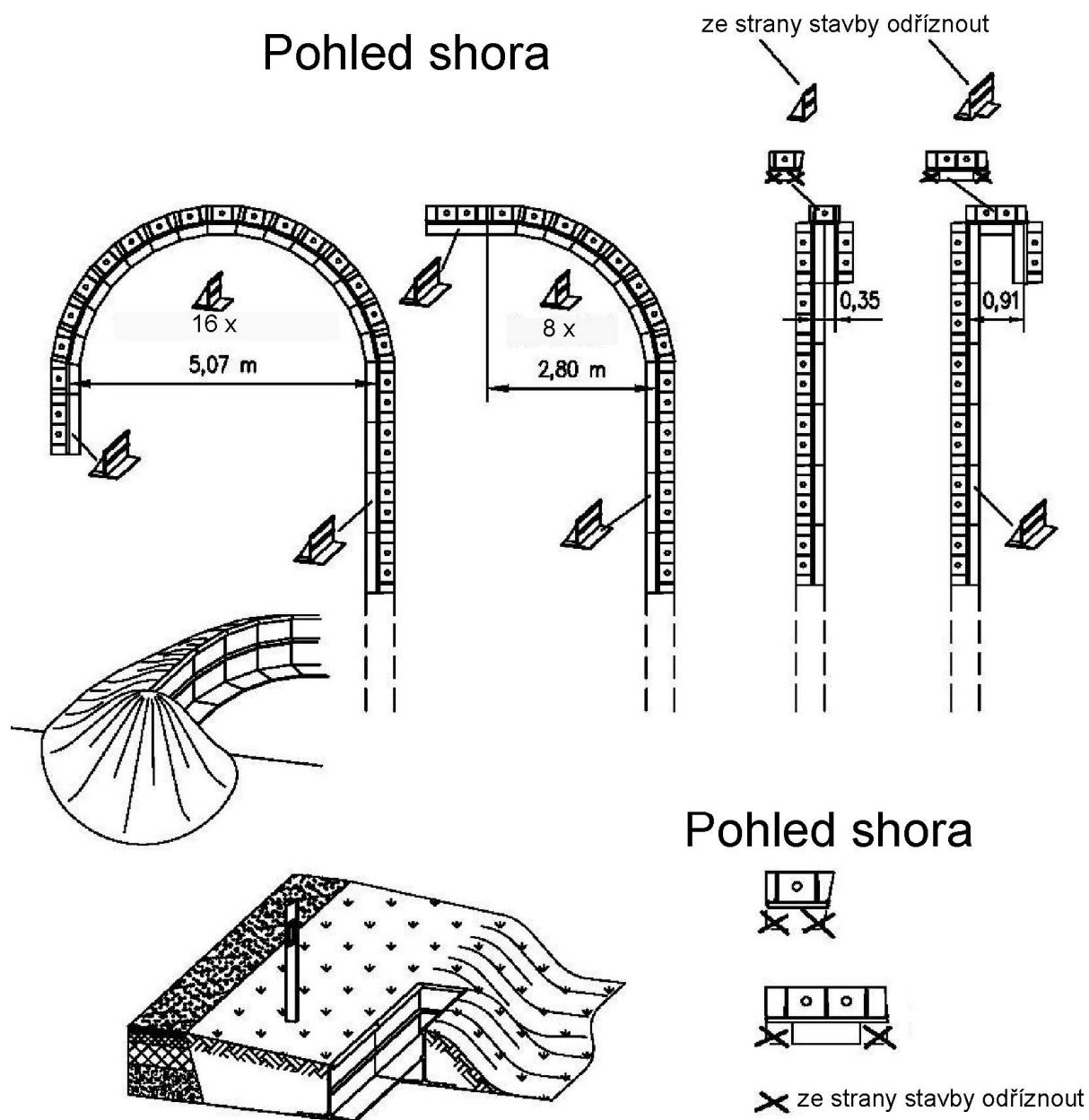
Obr. 18: Způsob umístění bariéry do terénu



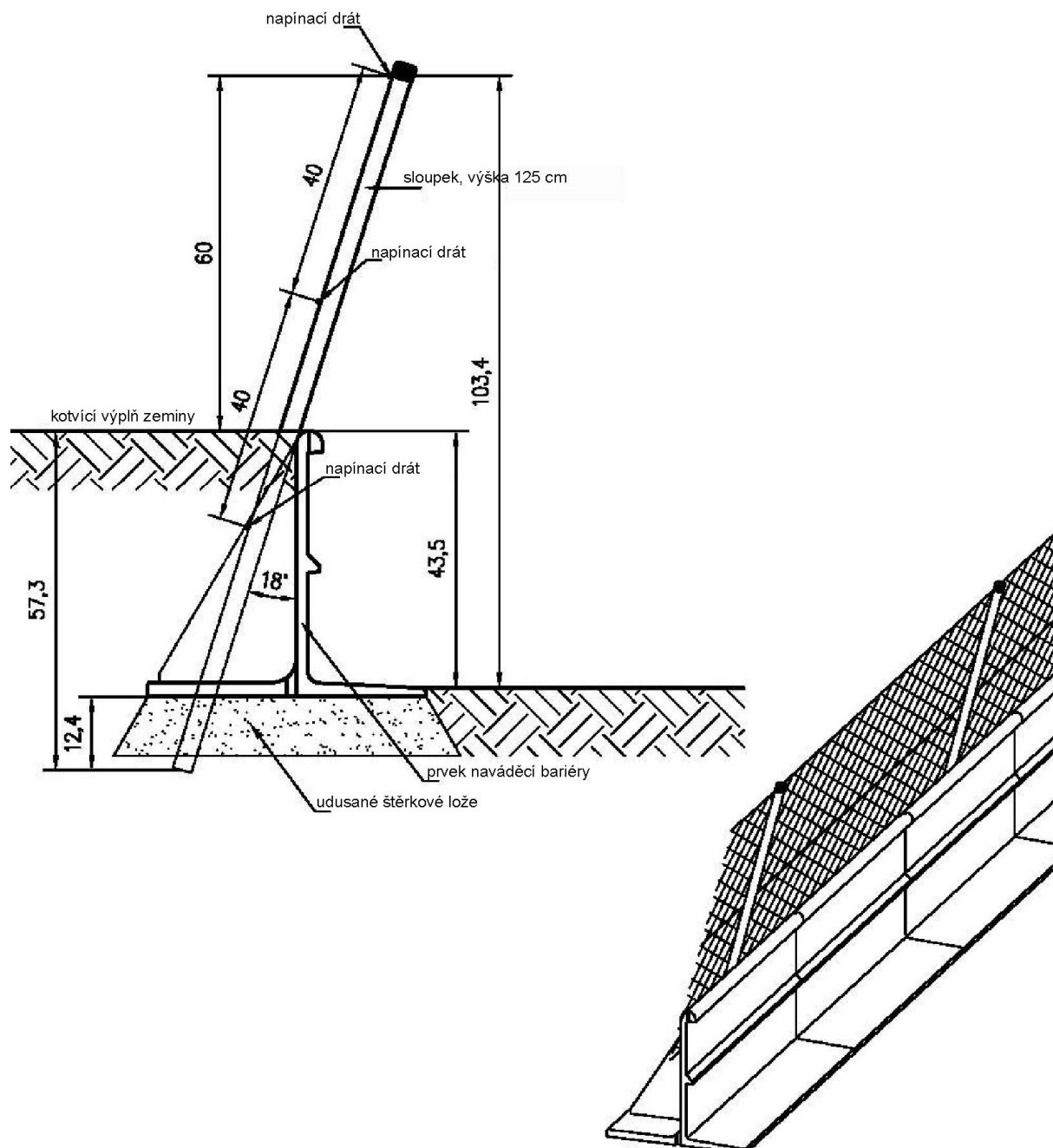
Obr. 19: Způsob umístění bariéry do terénu, rozměry



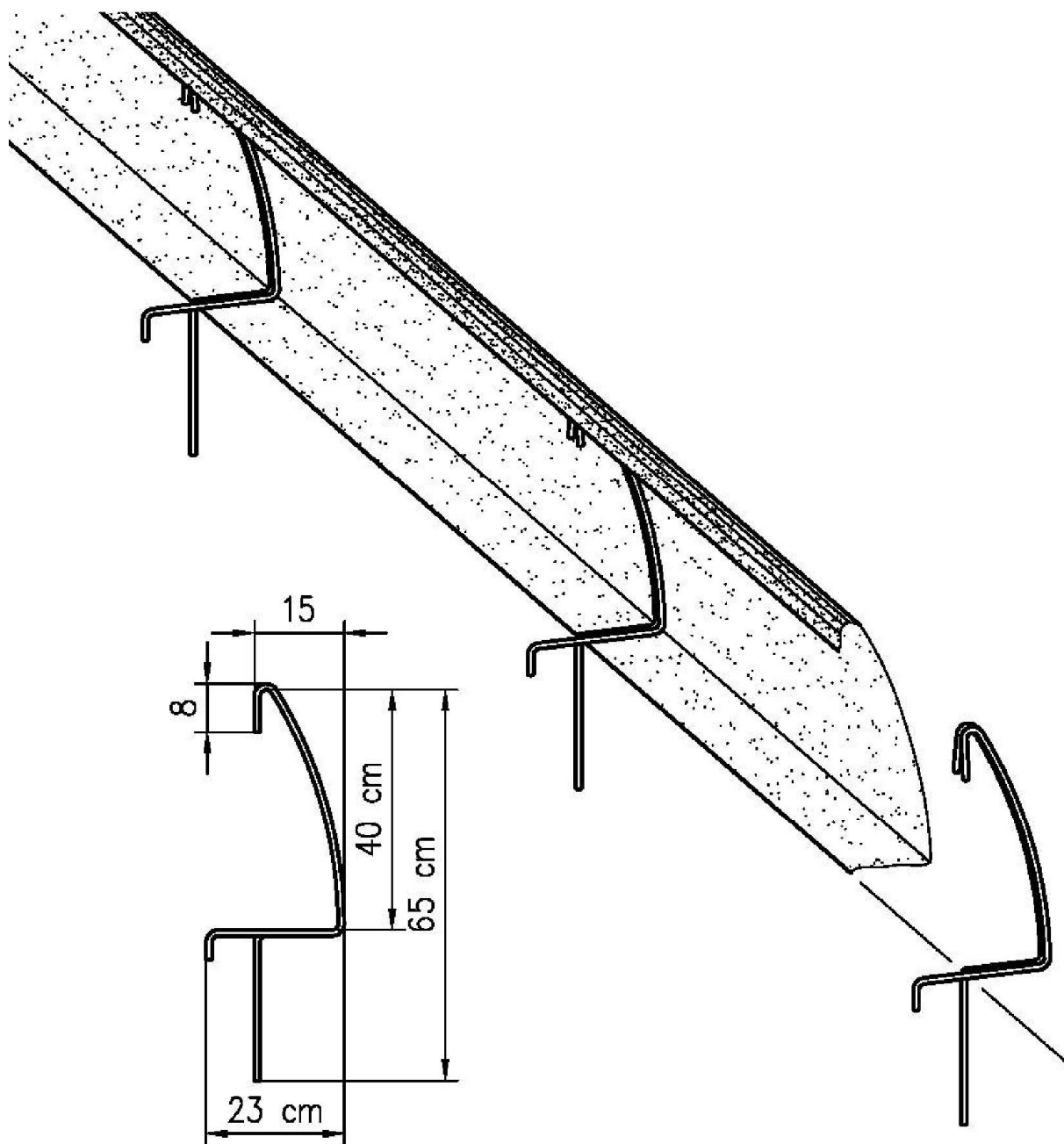
Obr. 20: Zakončení bariéry obloukem



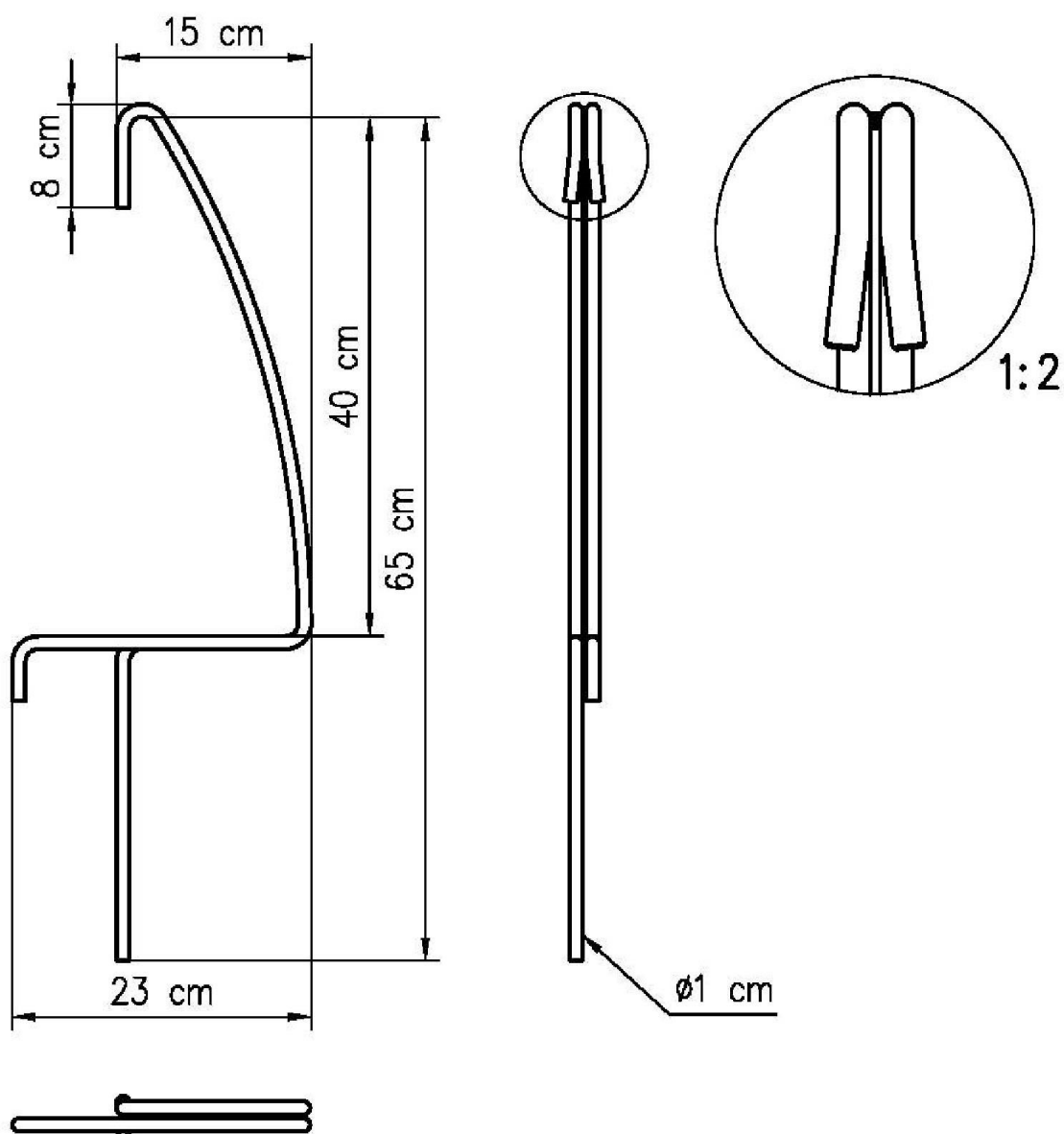
Obr. 21: Navýšení bariéry



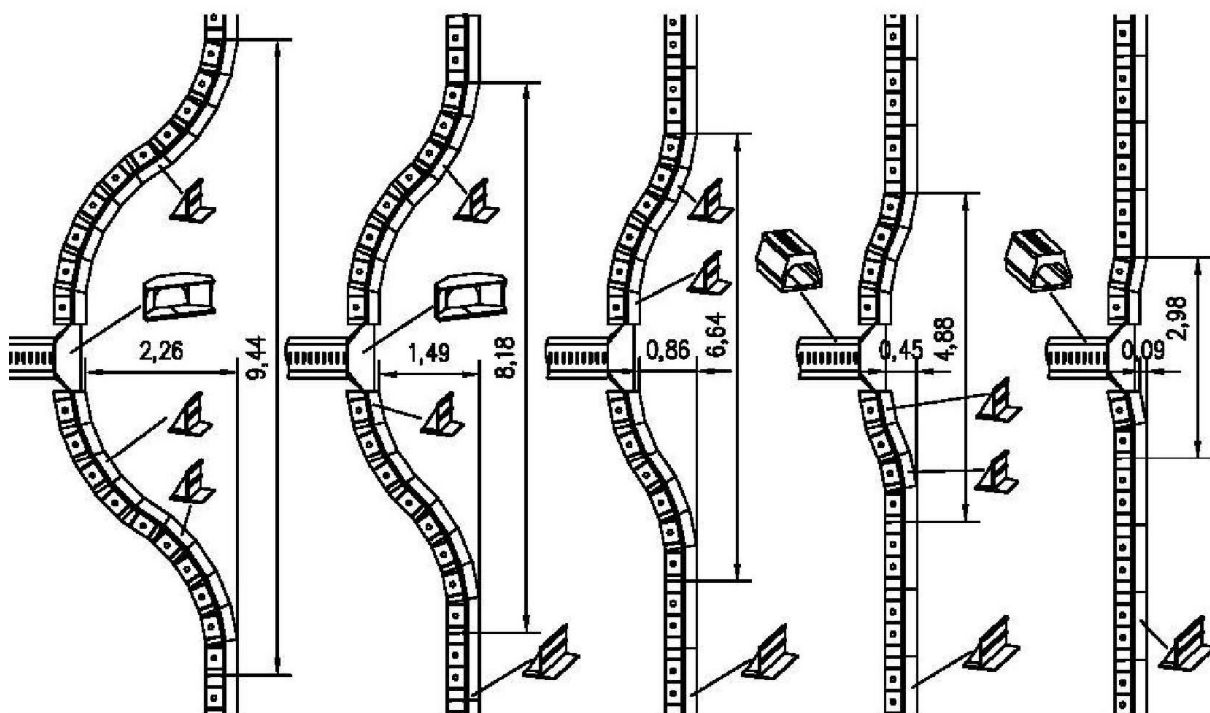
Obr. 22: Plastová bariéra pro místa, kde nelze vybudovat bariéru pevnou



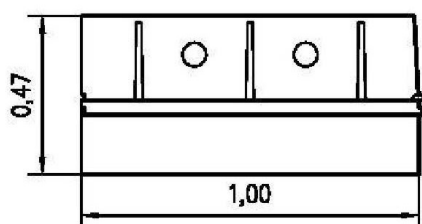
Obr. 23: Kolík pro upevnění plastové bariéry



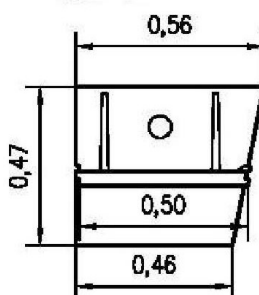
Obr. 24: Zaústění bariéry do propustku, svrchní pohled, různé velikosti oblouku



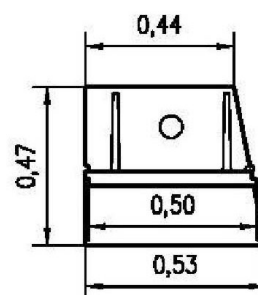
provedení rovné



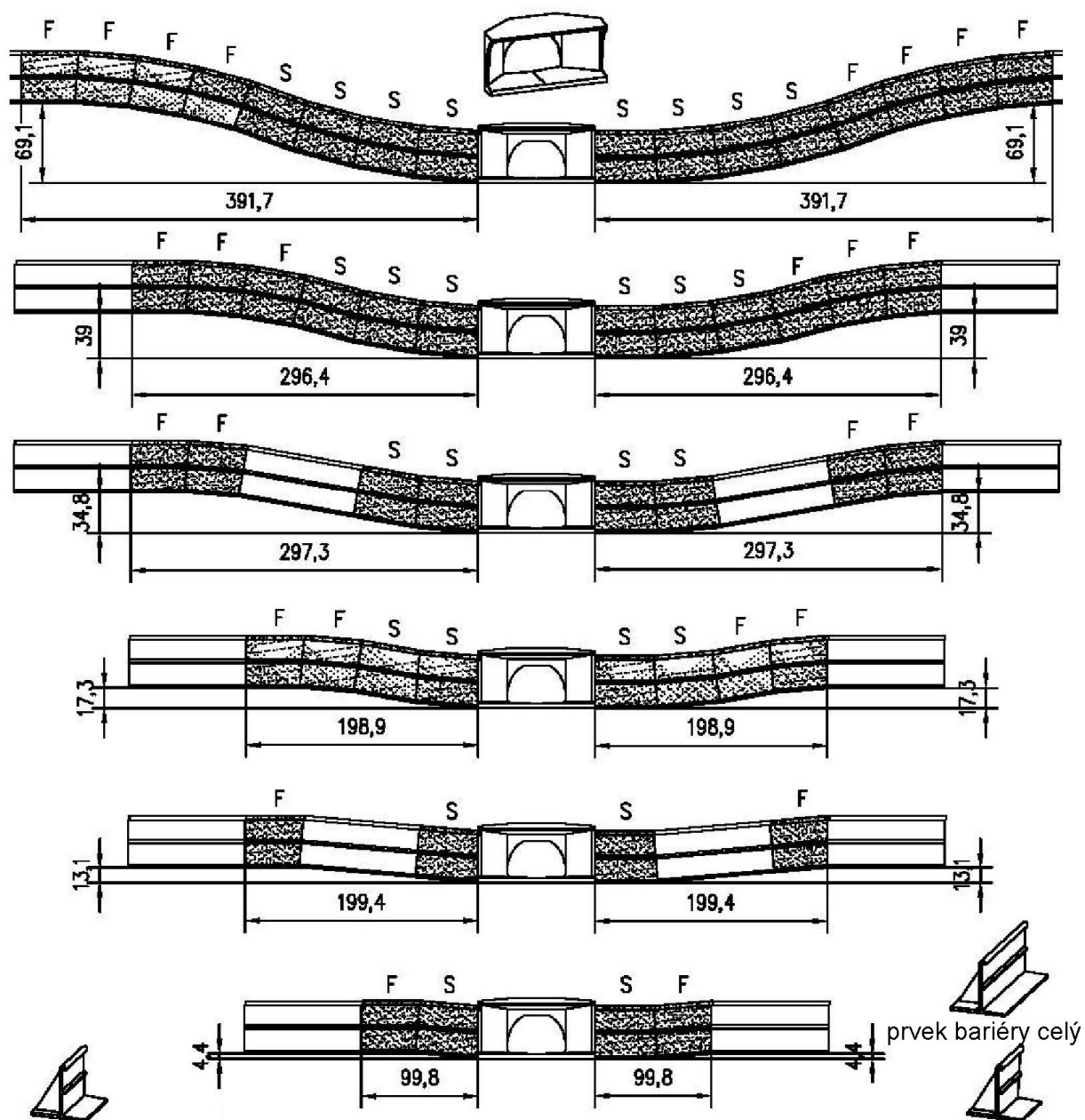
provedení 11,25° vnitřní



provedení 11,25° vnější



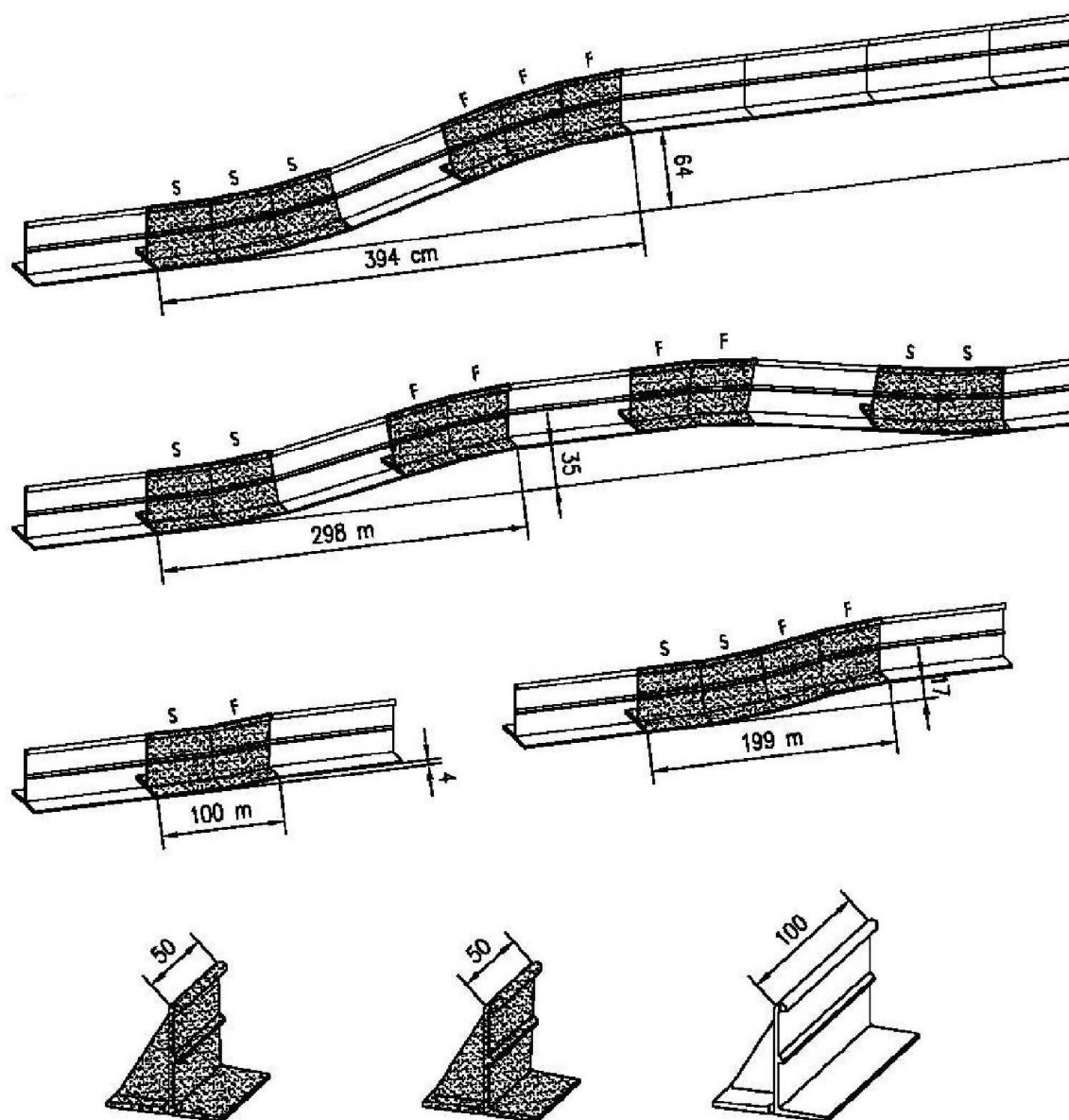
Obr. 25: Zaústění bariéry do propustku při různém převýšení terénu



S - prvek bariéry seřízlý
(dole širší)

F - prvek bariéry seřízlý
(nahore širší)

Obr. 26: Vertikální prohýbání bariéry mimo dosah deformující síly kořenů stromů



S - prvek bariéry seřízlý
(dole širší)

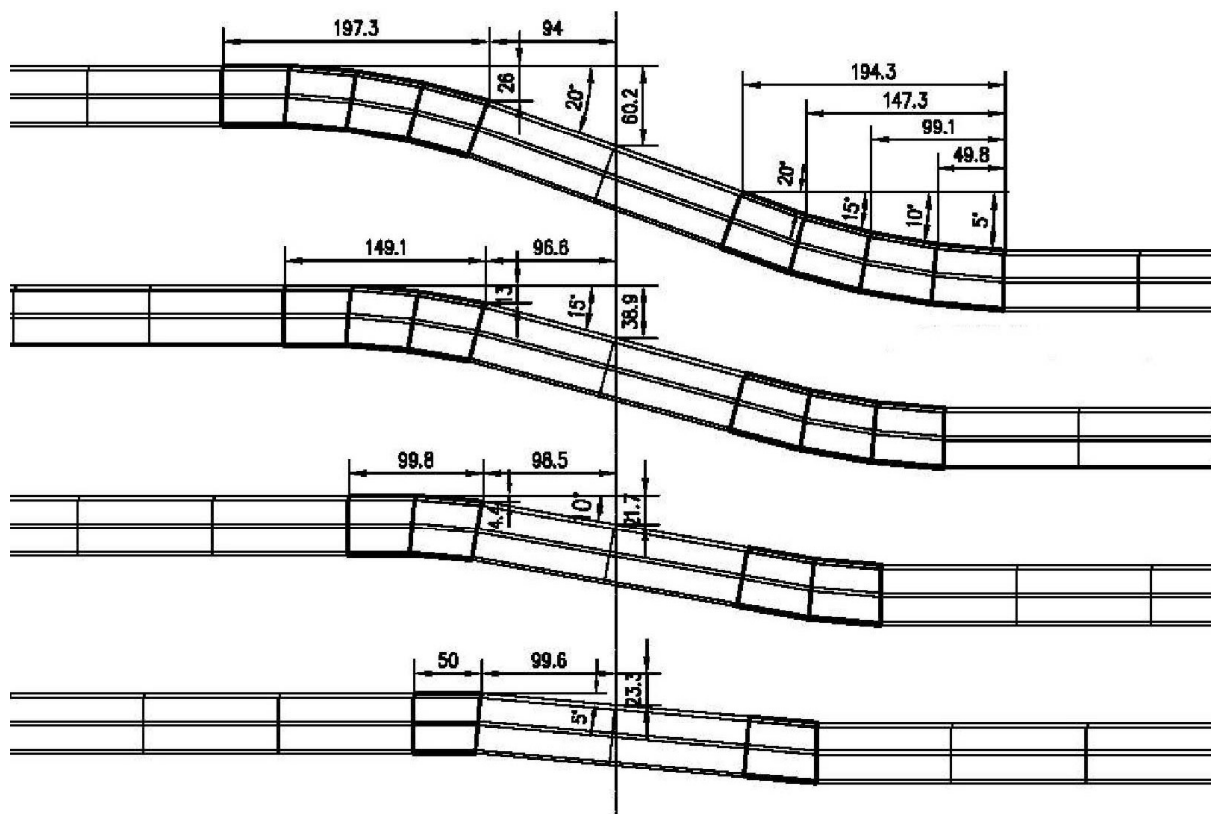
F - prvek bariéry seřízlý
(nahore širší)

prvek bariéry celý

Obr. 27: Vertikální prohýbání bariéry s rozměry

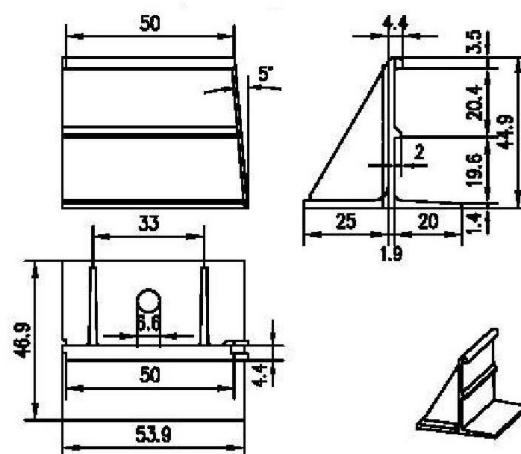
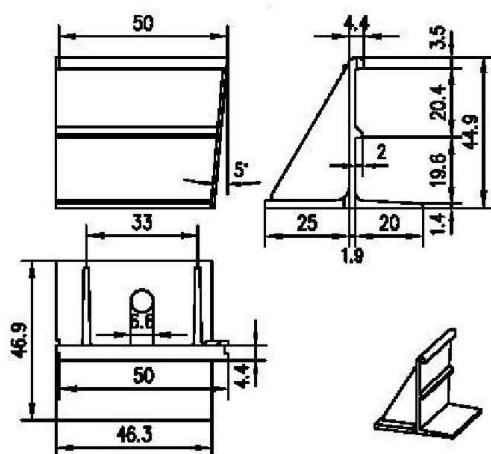
boční pohled na bariéru, prohnutí pomocí prvků F, 5° (nahore širší)

boční pohled na bariéru, prohnutí pomocí prvků S, 5° (dole širší)



F - prvek bariéry seřízlý, 5° (nahore širší)

S - prvek bariéry seřízlý, 5° (dole širší)

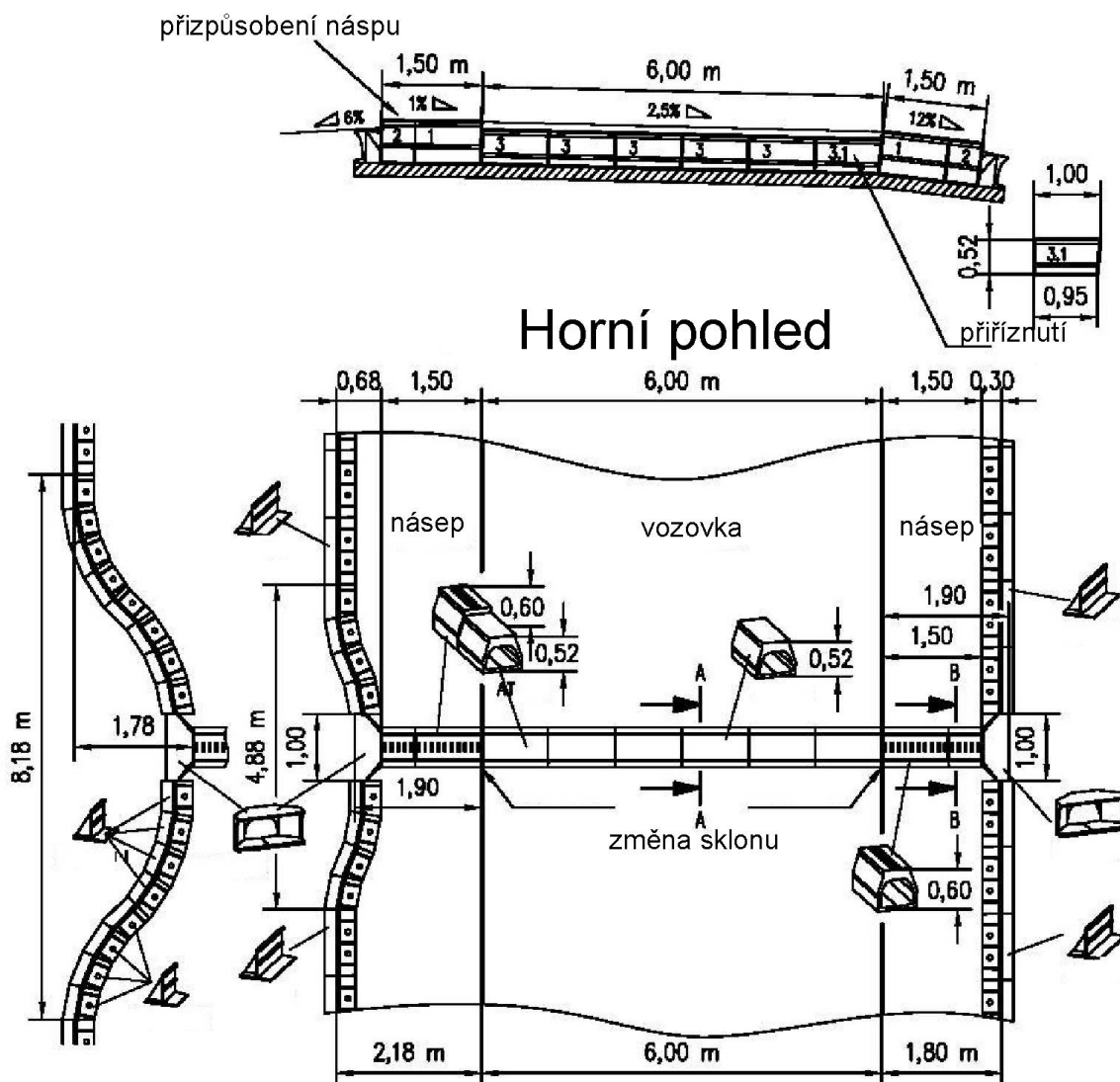


82

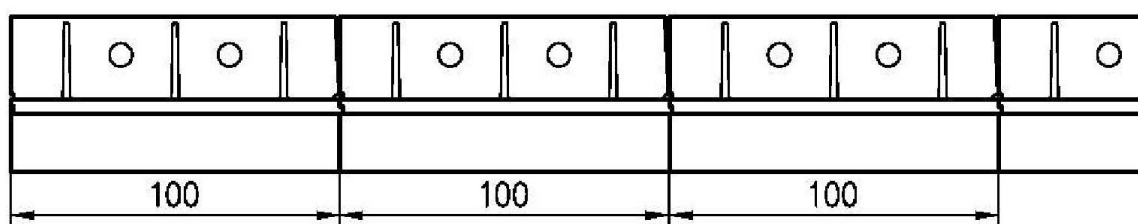
Obr. 29: Napojení bariéry a propustku bez průsvitů

Jedná se o obecný příklad, který musí být přizpůsoben konkrétním podmínkám

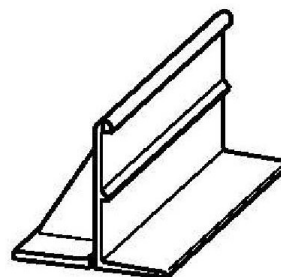
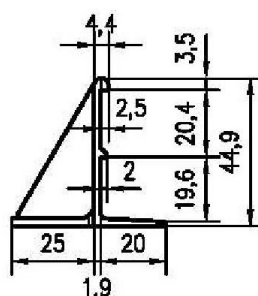
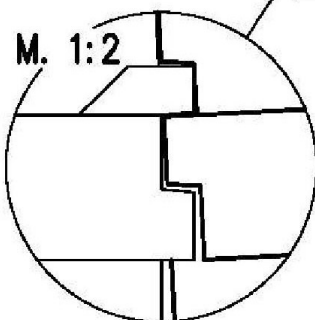
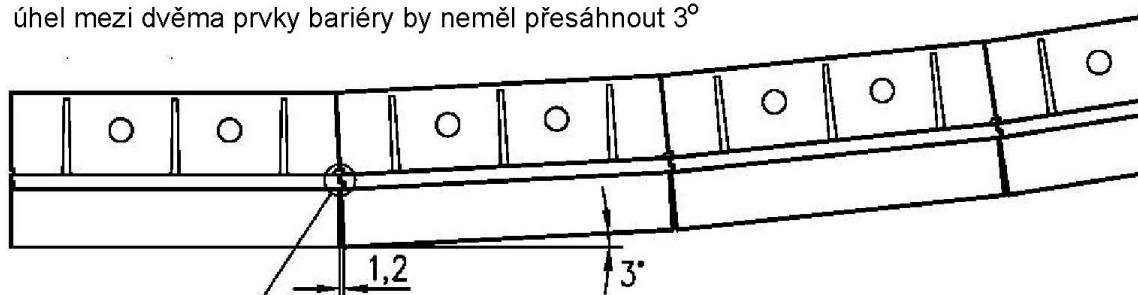
Příčný řez vestavbou do vozovky



Obr. 30: Detail vázání prvků bariéry při jejím vertikálním prohýbání



úhel mezi dvěma prvky bariéry by neměl přesáhnout 3°



8. FINANČNÍ A ČASOVÁ NÁROČNOST OCHRANNÉHO OPATŘENÍ

Rozpočet je proveden pro všechny čtyři navržené varianty, přičemž nacenění je pouze odhadem, který bude třeba aktualizovat v době realizace záměru.

Systém je koncipován takovým způsobem, aby došlo k uzavření všech potenciálních přístupových tras hadů na vozovku, ať již z jednoho, či z obou stran. Most ani boční silnici směrem ke Správě CHKO nebude třeba překlenovat příčným roštovým průchodem (používá se u bočních cest, kde není možno vybudovat bariéru), jelikož odsud se hadi nemohou dostávat na vozovku. To samé platí pro vstupy do domů na severní straně vozovky. Bariéra je zde navržena podél domů s přerušením u vchodů a vjezdů. V těchto prolukách je zahrnuta směrem ke zdi domu. Případně je zde možno bariéru nebudovat vůbec a zakončit ji u hrany domu. Výsledkem bude finanční úspora za nepoužité komponenty bariéry. Místa parkování automobilů naproti domům přes silnici bariéra obchází směrem k řece (= bude umožněno pokračování parkování).

parametry systému	kvantifikace
délka jižní bariéry (k řece)	760 m
délka severní bariéry (za vozovkou)	708 m
počet podchodů pod vozovkou	5
šířka vozovky s krajnicí (chodníkem)	cca 9 m

8.1. Vybudování neprostupné bariéry (bez podchodů pod silnici) podél jižního okraje silnice

Popis	MJ	Množství celkem	Cena jednotková	Cena celková
Práce				
Zemní práce				
Hloubení zářezu v hornině tř. 4 objemu přes 100 m3	m3	292,5	285,6	83 526,3
Hloubení rýh š. do 2000 cm v hornině tř. 4	m3	7,0	301,3	2 109,0
Vodorovné přemístění výkopku z hornin tř. 1 až 4 do 10 km	m3	153,3	237,2	36 356,6
Uložení sypaniny na skládku	m3	153,3	18,3	2 800,9
Zásyp jam, šachet rýh nebo kolem objektu sypaninou se zhutněním	m3	146,3	135,5	19 826,6
Zemní práce celkem				144 619,4
Ostatní akce a práce				
Přesun hmot	Kpl	1,0	42 350,0	42 350,0
Umísťování komponentů bariéry do terénu	Kpl	1,0	100 000	100 000,0
Celkem za výstavbu				142 350,0
Materiál				
Část systému	Prvek	Počet ks	Cena	
Bariéra	LEP 100 (0,5m)	760	816 240,0	

Celkem za materiál	816 240,0
Celkové náklady bez DPH	1 103 209,--
Celkové náklady včetně DPH	1 334 883,--

8.2. Vybudování bariéry po obou stranách silnice včetně podchodů pod silnici

Popis	MJ	Množství celkem	Cena jednotková	Cena celková
Práce				
Bourací práce				
Řezání živice	Bm	150,0	213,1	31 965,0
Odstranění podkladu podkladní beton tl 200 mm	m2	50,0	377,5	18 875,0
Odstranění podkladu z kameniva drceného tl 300 mm	m2	60,0	225,1	13 506,0
Odstranění podkladů živičných tl 100 mm	m2	40,0	116,2	4 648,0
Nakládání sutě	m3	30,0	61,8	1 854,0
Vodorovná doprava suti po suchu do 10 km	m3	30,0	237,2	7 116,0
Poplatek za skládku suti	t	50,0	320,7	16 035,0
Poplatek za skládku živice	t	10,0	266,2	2 662,0
Bourací práce celkem				96 661,0
Zemní práce				
Hloubení zářezu v hornině tř. 4 objemu přes 100 m3	m3	564,5	285,6	161 221,2
Hloubení rýh š. do 2000 cm v hornině tř. 4	m3	13,5	301,3	4 067,6
Vodorovné přemístění výkopku z hornin tř. 1 až 4 do 10 km	m3	296,0	237,2	70 211,2
Uložení sypaniny na skládku	m3	296,0	18,3	5 416,8
Zásyp jam, šachet rýh nebo kolem objektu sypaninou se zhutněním	m3	282,0	135,5	38 211,0
Zemní práce celkem				279 127,8
Trubní vedení				
Podkladní beton B25 tl. 10 cm	m3	10,0	3 496,9	34 969,0
Obetonování prefabrikátů B25	m3	10,0	3 496,9	34 969,0
M prefabrikátů – podchod	ks	98,0	151,3	14 822,5
M prefabrikátů – bariéra	ks	559,0	117,4	65 609,8
Trubní vedení celkem				150 370,3
Komunikace				
Podkladní vrstva ŠD tl. 20 cm	m2	38,0	148,8	5 654,4
Podkladní beton B7,5 tl. 10 cm	m2	38,0	411,4	15 633,2
OKS 70/100 tl. 8 cm	m2	38,0	455,4	17 305,2
Litý asfalt tl. 4 cm	m2	38,0	577,0	21 926,0
Prořiznutí spár včetně ošetření zálivkou	Bm	78,0	125,5	9 787,2
Komunikace celkem				70 306,0
Ostatní akce a práce				
Dopravní značení	Kpl	1,0	60 500,0	60 500,0

Přesun hmot	Kpl	1,0	42 350,0	81 735,0
Umísťování komponentů bariéry do terénu	Kpl	1,0	195 000	195 000,0
Ostatní akce a práce celkem				337 235,0
Celkem za výstavbu				933 700,0
Materiál				
Část systému	Prvek	Počet ks	Cena	
Bariéra (směrem k vodě)	LEP 100 (0,5m)	760	816 240,0	
Bariéra (za silnicí)	LEP 100 (0,5m)	708	760 392,0	
5x podchody pod vozovkou	AT 500 (1m, štěrbiny)	40	735 600,0	
	AT 500 (0,5m, štěrbiny)	10	106 100,0	
	EGE 1000 P (1m)	10	73 900,0	
	LEP 100 (0,5m)	20	21 480,0	
Celkem za materiál			2 513 712,0	
Celkové náklady bez DPH				3 447 412,--
Celkové náklady včetně DPH				4 171 368,--

8.3. Vybudování náhradních zimovišť mezi silnicí a řekou (bez budování bariéry)

U této varianty je velmi obtížné stanovit finanční náročnost, jelikož není zřejmý způsob provedení (velikost, zahloubení do země) náhradních zimovišť. V každém případě se bude jednat o zlomek ceny budování systému zábran a podchodů. Velmi hrubá představa při vybudování 5ti zimovišť se pohybuje okolo 250 000 až 300 000,-.

8.4. Kombinace bodů (8.1.) a (8.3.) resp. (8.2.) a (8.3.)

Viz součet cen bodů (8.1.) a (8.3.) resp. (8.2.) a (8.3.).

8.5. Časová náročnost

Varianta (8.1) ... cca 1 měsíc

Varianta (8.2) ... cca 3 měsíce

Varianta (8.3) ... cca 1 měsíc

Varianta (8.4) ... cca 2 až 4 měsíce

Jako velmi vhodné se jeví budování systému zábran či náhradních zimovišť spolu s výstavbou chodníku, kterou zde obec plánuje.

9. UKÁZKA PODCHODŮ V NĚMECKU

Lokalia - Veenzen Bruch



01. Naváděcí zábrana z pozink. plechu



03. Vstup do podchodu



02. Podchod bez stropních otvorů



04. Detail naváděcí zábrany



05. Podchod pod vedlejší silnicí (trubka slouží pro odvodnění silnice)



07. Ukončení bariéry



06. Podchod pod vedlejší silnicí fixovaný dlažebními kostkami



08. Jiná forma řešení podchodu



09. Pohled do kruhového podchodu



11. Mladá ropucha na kovové naváděcí zábraně



10. Systém zábran a podchodů

Lokalita – Trappenkamp



12. Zábrana a podchod z betonových dílů



14. Řešení zábran v místě, kde není možná betonová zábrana



13. Řešení vstupu pod silnici



15. Upevnění folie kovovým kolíkem



16. Prostor realizace plastové zábrany



18. Napojení dílů betonové zábrany



17. Napojení plastové a betonové zábrany



19. Fixování podchodu ve vozovce asfaltem

Lokalita – Bebensee



20. Vstup do podchodu



22. Podchod pod silnicí



**21. Překrytí spojení betonových dílů
zábrany gumovými pásky**



**23. Naváděcí betonová zábrana do
podchodu**



24. Profil zábrany



26. Rozebíratelný rošt umožňuje čištění, lze jej však snadno ukrást



25. Roštový přejezd na polní cestu

Lokalita – Schmalfeld



27. Upevnění roštu přes polní cestu



29. Umístění bariéry a roštu



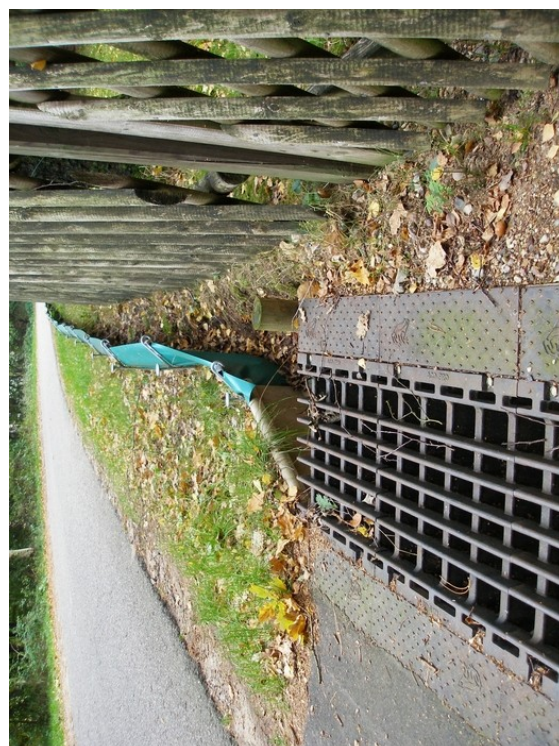
**28. Rošt přes prostor, kde polní cesta
ústí do silnice**



30. Profil bariéry



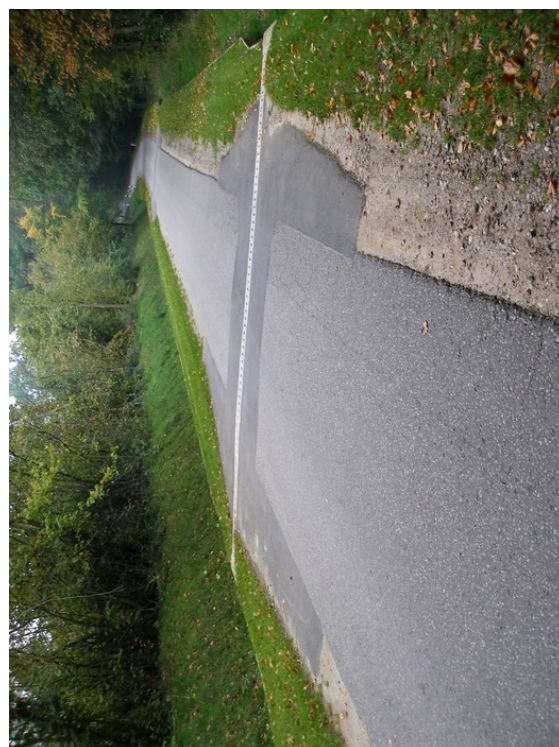
31. Bariéra ve svahu kde hrozí zasypání je dvojité



33. Napojení betonové a plastové bariéry a rošt pod cestou na zahradu



32. Napojení plastové a betonové bariéry



34. Tvar zalití podchodu asfaltem

Lokalita – Norderstedt



35. Naváděcí bariéra do podchodu



37. Napojení zábrany k roštu



36. Roštový přejezd na zahradu a zábradlí bránící pádu do příkopu



38. Vstup do podchodu



39. Zábrana není přerušena ani u vjezdů na zahrady obytných domů

Lokalita - Haidehof



40. Zatravněný prostor mezi silnicí a zábranou (zábrana je pod zlomem vlevo)



41. Vstup do podchodu



42. Profil podchodu



44. Upevnění podchodu dlaždicemi umožňuje snadné zásahy do podchodu



43. Tvar betonových naváděcích zábran



45. Zakončení naváděcí zábrany



46. Dočasné řešení pomocí „trvalé“ plastové folie

Autoři fotografií (Kovář R., Víta R., Kliment P.)



47. Upevnění plastové folie

10. LITERATURA

- Aldridge R.D., Brown W.S. (1995): Male reproductive cycle, age at maturity, and cost of reproduction in the timber rattlesnake (*Crotalus horridus*). *J. Herpetol.* 29: 399-407.
- Aleksiuk M., Gragory P. (1974): Regulation of seasonal mating behavior in *Thamnophis sirtalis parietalis*. – *Copeia*: 681– 689.
- Andrews A. (1990): Fragmentation of habitat by roads and utility corridors: a review. *Australian Zoologist* 26: 130–141.
- Andrews K.M. (2003): Behavioral responses of snakes to road encounters: can we generalize impacts across species? (A preliminary overview). *ICOET 2003 Proceedings*.
- Andrews K.M., Gibbons J.W. (2005a): Dissimilarities in behavioral responses of snakes to roads and vehicles have implications for differential impacts across species. *ICOET 2005 Proceedings*: 339-350.
- Andrews K.M., Gibbons J.W. (2005b): How do highways influence snake movement? Behavioral response to roads and vehicles. *Copeia* 2005 (4): 772-782.
- Aresco M.J. (2003): Highway mortality of turtles and other herpetofauna at Lake Jackson, Florida, USA, and the efficacy of a temporary fence/culvert system to reduce roadkills. *ICOET 2003 Proceedings*: 433-449.
- Aresco M.J. (2005a): The effect of sex-specific terrestrial movements and roads on the sex ratio of freshwater turtles. *Biol. Conserv.* 123: 37–44.
- Aresco M.J. (2005b): Mitigation measures to reduce highway mortality of turtles and other herpetofauna at a north Florida Lake. *J. Wildl. Management.* 69(2): 549-560.
- Arnold S.J., Bennett A.F. (1988): Behavioural variation in natural populations. V. Morphological correlates of locomotion in the garter snake (*Thamnophis radix*). *Biol. J. Linn. Soc.* 34: 175–190.
- Ascensao F., Mira A. (2001): Factors affecting culvert use by vertebrates along two stretches of road in southern Portugal. *Ecol. Res.* (22) 1.
- Ashley E. P., Robinson J.T. (1996): Road mortality of amphibians, reptiles and other wildlife on the Long Point causeway, Lake Erie, Ontario. *Canadian Field Naturalist* 110: 403-412.
- Bea A., Braña F., Baron J.P., Saint Girons H. (1992): Régimes et cycles alimentaires des vipères européennes (Reptilia, Viperidae). *Année Biologique* 31, 25–44.
- Bernadino F.S., Dalrymple G.H. (1992): Seasonal activity and road mortality of the snakes of the Pa-hay-okee wetlands of Everglades National Park, USA. *Biological Conservation* 62: 71-75.
- Blouin-Demers G., Weatherhead P.J. (2001a): Thermal ecology of black rat snakes (*Elaphe obsoleta*) in a thermally challenging environment. *Ecology* 82: 3025–3043.
- Blouin-Demers G., Weatherhead P.J. (2002a): Implications of movement patterns for gene flow in black rat snakes (*Elaphe obsoleta*). *Can. J. Zool.* 80: 1162–1172.
- Blouin-Demers G., Weatherhead P.J. (2002b): Habitat-specific behavioural thermoregulation by black rat snakes (*Elaphe obsoleta obsoleta*). *Oikos* 1997: 59-68.
- Blouin-Demers G., Prior K.A., Weatherhead P.J. (2002): Comparative demography of black rat snakes (*Elaphe obsoleta*) in Ontario and Maryland. *J. Zool., Lond.* 256: 1-10.
- Blouin-Demers G., Prior K.A., Weatherhead P.J. (2000a): Patterns of variation in spring emergence by black rat snakes (*Elaphe obsoleta obsoleta*). *Herpetologica* 56: 175–188.
- Blouin-Demers G., Weatherhead P.J., McCracken H.A. (2003): A test of thermal coadaptation hypothesis with black rat snakes (*Elaphe obsoleta*) and northern water snakes (*Nerodia sipedon*). *J. Therm. Biol.* 28 (2003): 331-340.
- Blouin-Demers G., Weatherhead P.J., Row J.R. (2004): Phenotypic consequences of nest-site selection in black rat snakes (*Elaphe obsoleta*). *Can. J. Zool.* 82: 449–456.

- Bobyn M.L., Brooks R.J. (1994): Incubation conditions as potential factors limiting the northern distribution of snapping turtles, *Chelydra serpentina*. *Can. J. Zool.* 72: 28–37.
- Bonnet X., Naulleau G. (1996): Are body reserves important for reproduction in male dark green snakes (Colubridae: *Coluber viridiflavus*)? *Herpetologica* 52: 137–146.
- Bonnet X., Naulleau G., Shine R. (1999): The dangers of leaving home: dispersal and mortality in snakes. *Biological Conservation* 89: 39–50.
- Brana F., Ji X. (2000): Influence of incubation temperature on morphology, locomotor performance, and early growth of hatchling wall lizards (*Podarcis muralis*). *J. Exp. Zool.* 286: 422–433.
- Brito J.C. (2003a): Seasonal variation in movements, home range and habitat use by male *Vipera latastei* in northern Portugal. *J. Herpetol.* 37: 155–160.
- Brito J.C. (2003b): Ecologia da Víbora-cornuda (*Vipera latastei*, Boscá 1878) em Portugal e a Problemática da sua Conservação. Unpublished PhD thesis. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.
- Brito J.C., Álvares F.J. (2004): Patterns of road mortality in *Vipera latastei* and *V. seoanei* from northern Portugal. *Amphibia-Reptilia* 25: 459–465.
- Bronikowski A.M. (2000): Experimental evidence for the adaptive evolution of growth rate in the garter snake *Thamnophis elegans*. *Evolution* 54: 1760–1767.
- Brooks R.J., Brown G.P., Galbraith D.A. (1991): Effects of a sudden increase in natural mortality of adults on a population of the common snapping turtle (*Chelydra serpentina*). *C. J. Zool.* 69: 1314–1320.
- Brown W.S. (1991): Reproductive ecology in a northern population of the timber rattlesnake, *Crotalus horridus*. *Herpetologica* 47: 101–115.
- Brown W.S. (1992): Emergence, ingress, and seasonal captures at dens of northern Timber Rattlesnakes, *Crotalus horridus*. In J. A. Campbell and E. D. Brodie Jr. (eds.), *Biology of the Pitvipers*, pp. 251–258, Selva, Tyler, TX.
- Brown W.S. (1993): Biology, status, and management of the timber rattlesnake (*Crotalus horridus*): a guide for conservation. *Soc. for the Study of Amphib. and Reptil. Herpetol. Circ.* 22.
- Brown W.S., Parker W.S. (1976): Movement ecology of *Coluber constrictor* near communal hibernacula. *Copeia* 1976 (2): 225–242.
- Brown W., McLean F. (1983): Conspecific scent-trailing by newborn timber rattlesnakes (*Crotalus horridus*). *Herpetologica* 39:430–435.
- Buhlmann K.A. (1995): Habitat use, terrestrial movements, and conservation of the turtle, *Deirochelys reticularia* in Virginia. *J. Herpetol.* 29: 173–181.
- Buhlmann K.A., Gibbons J.W. (2001): Terrestrial habitat use by aquatic turtles from a seasonally fluctuating wetland: implications for wetland conservation boundaries. *Chelonian Conserv. and Biol.* 4: 115–127.
- Bull J.J. (1980): Sex determination in reptiles. *Q. Rev. Biol.* 55: 3–21.
- Burbrink F.T., Phillips Ch.A. (1998): A riparian zone in southern Illinois as a potential dispersal corridor for reptiles and amphibians. *Biol. Conserv.* 86: 107–115.
- Burgdorf S.J., Craig Rudolph D., Conner R.N., Saenz D., Schaefer R.R. (2005): A Successful Trap Design for Capturing Large Terrestrial Snakes. *Herpetological Review* 36(4): 421–424.
- Burger J. & Zappalorti R.T. (2011): The Northern Pine Snake (*Pituophis melanoleucus*): Its Life History, Behavior, and Conservation. Novinka (Nova Science), New York.
- Burger J., Zappalorti R.T., Gochfeld M., De Vito E., Schneider D., McCort M., Jeitner Ch. (2012): Long-Term Use of Hibernacula by Northern Pine Snakes (*Pituophis melanoleucus*). *J. Herpetol.* 4.
- Burke V.J., Gibbons J.W. (1995): Terrestrial buffer zones and wetland conservation: a case study of freshwater turtles in a Carolina Bay. *Conserv. Biol.* 9: 1365–1369.
- Carr L.W., Fahrig L. (2001): Effect of road traffic on two amphibian species of differing vagility. *Conservation Biology* 15: 1071–1078.
- Case R.M. (1978): Interstate highway road-killed animals: a data source for biologists. *Wildlife Society Bulletin* 6: 8–13.

- Caswell H. (2001): Matrix Population Models: Construction, Analysis and Interpretation, second ed. Sinauer Associates, Sunderland, MA.
- Chiaraviglio M., Briguera V. (2001): Participation of chemical cues in conspecific detection and discrimination in *Boa constrictor* (Serpentes: Boidae). *Gayana Zoologica* 65: 5-10.
- Christian K.A., Tracy, C.R. (1981): The effect of the thermal environment on the ability of hatchling Galapagos land iguanas to avoid predation during dispersal. *Oecologia* 49: 218–223.
- Ciesiolkiewicz J., Orlowski G., Elżanowski A. (2006): High juvenile mortality of grass snakes *Natrix natrix* (L.) on a suburban road. *Pol. J. Ecol.* 54(3): 465-472.
- Clevenger A.P., Chruszcz B., Gunson K. (2001): Drainage culverts as habitat linkages and factors affecting passage by mammals. *J. Appl. Ecol.* 38 (6): 1340-1349.
- Clevenger A.P., Chruszcz B., Gunnison K. (2003): Spatial patterns and factors influencing small vertebrate fauna road-kill aggregations. *Biological Conservation* 109: 15–26.
- Clutton-Brock T.H., Albon S.D., Guinness F.E. (1985): Parental investment and sex differences in juvenile mortality in birds and mammals. *Nature* 313: 131-133.
- Cobb V.A. (1994): The ecology of pregnancy in free-ranging Great Basin Rattlesnakes (*Crotalus viridis lutosus*). Ph.D. dissertation. Idaho State University.
- Cobb V.A., Green J.J., Worrall T., Pruett J., Glorioso B. (2005): Initial den location behaviour in a litter of neonate *Crotalus horridus* (Timber Rattlesnakes). *Southeastern naturalist* 4: 723 – 730.
- Comfort A. (1979): The biology of Senescence, third ed. Elsevier, New York.
- Conelli A.E., Nemberini M., Mebert K. (2011): Different habitat use of dice snakes, *Natrix tessellata*, among three populations in Ticino Canton, Switzerland. – A radiotelemetry study *Mertensiella* 18: 100–116.
- Congdon J.D., Dunham A.E., Sels R.C.V. (1993): Delayed sexual maturity and demographics of Blanding's turtles (*Emydoidea blandingii*): implications for conservation and management of longlived organisms. *Conserv. Biol.* 7: 826-833.
- Congdon J.D., Dunham A.E., Sels R.C.V. (1994): Demographics of common snapping turtles (*Chelydra serpentina*) – implications for conservation and management of long-lived organisms. *American Zoologist* 34: 397–408.
- Cooper W.E. Jr., Vit L.J., Vangilder L.D., Gibbons J.W. (1983): Natural nest sites and brooding behaviour of *Eumeces fasciatus*. *Herpetol. Rev.* 14: 65-66.
- Costanzo J.P. (1989): Conspecific scent trailing by Garter Snakes (*Thamnophis sirtalis*) during autumn. *J. Chem Ecol.* 11: 2531 – 2538.
- Craig Rudolph D., Burgdorf S.J., Richard N.C., Dickson J.G. (1988): The Impact of Roads on the Timber Rattlesnake, (*Crotalus horridus*), in Eastern Texas. *ICOWET*. 236-240.
- de Maynadier P.G., Hunter Jr. M.L. (2000): Road effects on amphibian movements in a forested landscape. *Natural Areas Journal* 20: 56–65.
- Dixon K.R. & Chapman J.A. (1980): Harmonic mean measures of animal activity areas. *Ecology* 61 (5): 1040-1044.
- Doak D. (1995): Source-sink models and the problem of habitat degradation: general models and applications to the Yellowstone grizzly. *Conservation Biology* 9: 1380-1395.
- Doak D., Kareiva P., Klepetka B. (1994): Modeling population viability for the desert tortoise in the western Mojave Desert. *Ecol. Appl.* 4: 446-460.
- Dodd Jr. C.K., Enge K.M., James N. (1989): Reptiles on highways in North-central Alabama, USA. *J. Herpetol.* 23 (2): 197-200.
- Dodd Jr. C.K., Barichivich W.J. & Smith, L.L. (2004): Effectiveness of a barrier wall and culverts in reducing wildlife mortality on a heavily traveled highway in Florida. *Biol. Conservation*. 118: 619–631.
- Durner G. M., Gates J.E. (1993): Spatial ecology of black rat snakes on Remington Farms, Maryland. *Journal of Wildlife Management* 57: 812–826.
- Duvall, D., Schuett, G.W., Arnold, S.J. (1993): Ecology and evolution of snake mating systems. In: *Snakes Ecology & Evolution*, str. 165-200. Seigel, R.A., Collins, J.T., Eds, McGraw-Hill.

- Enge K.M. (1998): Herpetofaunal Drift-fence Survey of an Upland Hardwood Forest, Gadsden County, Florida. Final Performance Report. 26 str.
- Fahrig L., Pedlar J.H., Pope S.E., Taylor P.D., Wegner J.F. (1995): Effect of road traffic on amphibian density. *Biological Conservation* 73: 177–182.
- Findlay C.S., Houlahan J. (1997): Anthropogenic correlates of species richness in southeastern Ontario wetlands. *Conserv. Biol.* 11: 1000–1009.
- Findlay C.S., Bourdages J. (2000): Response time of wetland biodiversity to road construction on adjacent lands. *Conservation Biology* 14: 86–94.
- Fitch H.S. (1954): Life history and ecology of the five-lined skinks *Eumeces fasciatus*. *Univ. Kansas Publ. Mus. Nat. Hist.* 8: 1 – 156.
- Fitch H.S. (1960): Autecology of the copperhead. *Publications of the Museum of Natural History. University of Kansas* 13:85–288.
- Fitch H.S. (1963): Natural history of the black rat snake (*Elaphe o. obsoleta*) in Kansas. *Copeia*, 1963: 649–658.
- Fitch H.S. (1999): A Kansas Snake Community: Composition and Changes Over 50 Years. Krieger Publishing Company, Melbourne, FL.
- Fitch J.S. (1949): Road counts of snakes in western Louisiana. *Herpetologica* 5: 87–90.
- Forsman A., Merila J., Lindell L.E. (1994): Do scale anomalies cause differential survival in *Vipera berus*? *J. Herpetol.* 28: 435–440.
- Forman R.T.T. (2000): Estimate of the area affected ecologically by the road system in the United States. *Conservation Biology* 14: 31 – 35.
- Forman R.T.T., Sperling D., Bissonette J.A., Clevenger A.P., Cutshall C.D., Dale V.H., Fahrig L., France R., Goldman C.R., Heanue K., Jones J.A., Swanson F.J., Turrentine T., Winter T.C. (2003): *Road Ecology Science and Solutions*. Island Press, Washington, DC.
- Forman R.T.T., Alexander L.E. (1998): Roads and their major ecological effects. *Annual Review of Ecology and Systematics* 29: 207–231.
- Gibbons J.W. (2003): Terrestrial habitat: a vital component for herpetofauna of isolated wetlands. *Wetlands* 23: 630–635.
- Gibbons J.W., Semlitsch R.D. (1987): Activity patterns. Pages 396–421 in R. A. Seigel J.T. Collins, Novak S.S., eds. *Snakes: ecology and evolutionary biology*. MacMillan, New York, New York, USA.
- Gibbons J.W., Dorcas M.E. (2005): *Snakes of the Southeastern United States*. University of Georgia Press. Athens, GA.
- Gibbs, J.P. (1998): Amphibian movements in response to forest edges, roads, and streambeds in southern New England. *Journal of Wildlife Management* 62: 584–589.
- Gibbs J.P., Shriver W.G. (2002): Estimating the effects of road mortality on turtle populations. *Conservation Biology* 16: 1647–1652.
- Gibbs J.P., Shriver W.G. (2005): Can road mortality limit populations of pool-breeding amphibians. *Wetlands Ecology and Management* 13: 281–289.
- Gibbs J.P., Steen D.A. (2005): Trends in sex ratios of turtles in the United States: implications of road mortality. *Conserv. Biol.* 19: 552–556.
- Gillingham J.C. (1987): Social behavior. str. 184–209 in Seigel R.A., Collins J.T., Novak S.S., eds. *Snakes: ecology and evolutionary biology*. MacMillan, New York, New York, USA.
- Goddard P., Spellerberg I.F. (1980): Reproduction as a factor in the conservation of *Coronella austriaca* Laur. in southern England. *Bull. Ecol.* 11: 535–41.
- Gokula V. (1997): Impact of vehicular traffic on snakes in Mudumalai Wildlife Sanctuary. *Cobra* 27: 26–30.
- Graham T.E., Georges A., McElhinney N. (1996): Terrestrial orientation by the eastern long-necked turtle, *Chelodina longicollis*, from Australia. *Journal of Herpetology* 30: 467–477.
- Graves B., Duvall D., King M., Linstedt S., Gern W. (1986): Initial den location by neonatal prairie rattlesnakes: functions, causes, and natural history in chemical ecology, pp. 285–304, in D. Duvall, D. Muller-Schwarze, and R. Silverstein (eds.). *Chemical Signals in Vertebrates, IV*. Plenum, New York.

- Greene B.D., Dixon J.R., Whitting M.J., Mueller J.M. (1999): Reproductive Ecology of the Concho Water Snake, *Nerodia harteri paucimaculata*. – Copeia 3: 701–709
- Gregory P.T. (1982): Reptilian hibernation. In Biology of the Reptilia. Ed. C. Gans. Academic Press, New York. str. 53–154.
- Gregory P. (1984): Communal denning in snakes, pp. 57-75, in R. Seigel, L. Hunt, J. Knight, L. Malaret, and N. Zuschlag (eds.). Vertebrate Ecology and Systematics--A Tribute to Henry S. Fitch. University of Kansas, Lawrence, Kansas.
- Gregory P.T., Stewart K.W. (1975): Long-distance dispersal and feeding strategy of the red-sided garter snake (*Thamnophis sirtalis parietalis*) in the Interlake of Manitoba. Canadian Journal of Zoology 53: 238-245.
- Gregory P.T., Macartney J.M., Larsen K.W. (1987): Spatial patterns and movements. In: Seigel, R.A., Collins, J.T., Novak, S.S. (Eds.), Snakes: Ecology and Evolutionary Biology. McGraw-Hill, New York: 366-395.
- Groot Bruinderink G.W., Hazebroek E. (1996): Ungulate traffic collisions in Europe. Conserv. Biol. 10: 1059-1067.
- Gruschwitz M., Lenz S., Mebert K., Lanka V. (1999): *Natrix tessellata* (Laurenti, 1768) – Würfelnatter. – In: Böhme, W. (Ed.): Handbuch der Amphibien und Reptilien Europas Band 3/II Schlangen (Serpentes) II.: – AULA-Verlag, Wiesbaden, Germany: 581–644.
- Guyot G., Clobert J. (1997): Conservation measures for a population of Hermann's tortoise *Testudo hermanni* in southern France bisected by a major highway. Biol. Conserv. 79: 251–256.
- Güther R. & Vökl W. (1996): 1996 – Ringelnatter – *Natrix natrix* (Linnaeus, 1758) In: Die Amphibien und Reptilien Deutschlands, ed. R. Güther – Jena, Gustav Fischer Verlag. 666–684.
- Haxton T. (2000): Road mortality of snapping turtles, *Chelydra serpentina*, in central Ontario during their nesting period. Canadian Field-Naturalist 114: 106–110.
- Heckrotte C. (1967): Relations of body temperature, size, and crawling speed of the common garter snake, *Thamnophis s. sirtalis*. Copeia 1967(4):759-763.
- Hecnar S.J. (1994): Nest distribution, site selection, and brooding in the five-lined skink (*Eumeces fasciatus*). Canadian Journal of Zoology 72: 1510-1516.
- Henderson R.W., Winstel R.A. (1995): Aspects of habitat selection by an arboreal boa (*Corallus enydris*) in an area of mixed agriculture on Grenada. Journal of Herpetology 29: 272–275.
- Heine G. (1987): Einfache Meß- und Rechenmethode zur Ermittlung der Überlebenschance wandernder Amphibien beim Überqueren von Straßen. Beihefte zu den Veröffentlichungen Naturschutz und Landschaftspflege in Baden-Württemberg 41: 473–479.
- Hels T., Buchwald E. (2001): The effect of road kills on amphibian populations. Biological Conservation 99: 473-479.
- Hertz P.E., Huey R.B., Nuevo E. (1982): Fight versus flight: body temperature influences defensive responses of lizards. Anim. Behav. 30: 676–679.
- Hirth H. (1966): The ability of two species of snakes to return to a hibernaculum after displacement. *Southwest. Nat.* 11: 49-53.
- Hoff K.V., Marlow R.W. (2002): Impacts of vehicle road traffic on desert tortoise populations with consideration of conservation of tortoise habitat in southern Nevada. Chelonian Conserv. and Biol. 4: 449–456.
- Huey R.B., Kingsolver J.G. (1989): Evolution of thermal sensitivity of ectotherm performance. Trends Ecol. Evol. 4: 131–135.
- Ioannidis, Y., Dimaki M., Nilson G., Andrén C., Kostoulia K. (2007): Road mortality of Milos viper (*Macrovipera schweizeri*) and the efficiency of underpasses. 14th european congress of herpetology, Porto, Portugal.
- Janzen F.J., Morjan C.L. (2002): Egg size, incubation temperature, and posthatching growth in painted turtles (*Chrysemys picta*). J. Herpetol. 36: 308–311.
- Jayne B.C., Bennett A.F. (1990): Selection on locomotor performance capacity in a natural population of garter snakes. Evolution 44: 1204–1229.

- Janoušek K. 1979: Poznámky k rozšíření plazů na Karlovarsku. *Živa* 27: 149-147.
- Jochimsen D.M. (2005): Factors influencing the road mortality of snakes on the upper Snake river plain, Idaho. *ICOET 2005 Proceedings*. 351-365.
- Johnson G. (1995): Spatial Ecology, Habitat Preference, and Habitat Management of the Eastern Massasauga, *Sistrurus c. catenatus*. in a New York Weakly-Minerotrophic Peatland. Unpubl. PhD. diss, State University of New York, Syracuse.
- Joyal L.A., McCollough M., Hunter M.L. (2001): Landscape ecology approaches to wetland species conservation: a case study of two turtle species in southern Maine. *Conservation Biology* 15: 1755–1762.
- Kabisch K. (1999): *Natrix natrix* (Linnaeus, 1758) – Ringelnatter (In: *Handbuch der Reptilien und Amphibien Europas 3/IIA: Schlangen II*, ed. W. Böme – Wiebelsheim, Aula-Verlag. 513–580.
- Kauffeld C. (1957): *Snakes and snake hunting*. Hanover House, Gareden City, New Jersey, USA.
- Kärvemo S., Carlsson M., Tudor M., Sloboda M., Michalice A.D., Ghira I., Bell L., Modrý D. (2011): Gender Differences in Seasonal Movement of Dice Snakes in Histria, Southeastern Romania. *Mertensiella* 18: 245 – 254.
- King M.B., Duvall D. (1990): Prairie rattlesnake seasonal migrations: episodes of movement, vernal foraging and sex differences. *Animal Behaviour* 39: 924-935.
- Klauber L.M. (1939): Studies of reptile life in the arid Southwest, Part 1. Night collecting on the desert with ecological statistics. *Bulletin of the Zoological Society of San Diego* 14: 2-64.
- Klauber L.M. (1956): *Rattlesnakes. Their habits, life histories, and influence on mankind*. University of California Press, Berkeley, California, USA.
- Klimstra W.D. (1959): Foods of the racer, *Coluber constrictor*, in southern Illinois. *Copeia*, 1959: 210–214.
- Kuslan J.A. (1988): Conservation and management of the American crocodile. *Environmental Management* 12: 777-790.
- Larsen K.W. & Gregory P.T. (1989): Population size and survivorship of the common garter snake, *Thamnophis sirtalis*, near the northern limit of its distribution. *Holarctic Ecol.* 12: 81-86.
- Lillywhite H.B. (1987): Temperature, energetics, and physiological ecology. str. 422–477 In R. A. Seigel, J. T. Collins, and S. S. Novak, editors. *Snakes: ecology and evolutionary biology*. Macmillan, New York, New York, USA.
- Lougheed S.C., Gibbs H.L., Prior K.A., Weatherhead P.J. (1999): Hierarchical patterns of genetic population structure in black rat snakes (*Elaphe obsoleta obsoleta*) as revealed by microsatellite DNA analysis. *Evolution*, 53: 1995–2001.
- Luiselli L., Capizzi D. (1997): Influences of area, isolation and habitat features on distribution of snakes in Mediterranean fragmented woodlands. *Biodiversity and Conservation* 6: 1339-1351.
- Macartney J.M., Gregory P.T., Larsen K.W. (1988): A tabular survey of data on movements and home ranges of snakes. *J.Herpetol.* 22: 61-73.
- Mader H.J. (1984): Animal habitat isolation by roads and agricultural fields. *Biol. Conserv.* 29: 81-96.
- Madsen T. (1984): Movements, home range size and habitat use of radio-tracked grass snakes (*Natrix natrix*) in southern Sweden. *Copeia* 1984: 707-713.
- Madsen T., Shine R., Loman J., Håkansson T. (1992): Why do female adders copulate so frequently? *Nature* 335: 440-441.
- Madsen T., Shine R. (1994): Components of lifetime reproductive success in adders, *Vipera berus*. *J. Anim. Ecol.* 63: 561-568.
- Madsen T. & Shine R. (1996): Seasonal migration of predators and prey – a study of pythons and rats in tropical Australia. *Ecology* 77: 149-156.
- Malo J.E., Hervás I., Herranz J., Mata C., Suárez F. (2005): How many days to monitor a wildlife passage? Species detection patterns and the estimation of the vertebrate fauna using crossing structures at a motorway. *ICOET 2005 Proceedings*.

- Marchand M.N., Litvaitis J.A. (2004): Effects of habitat features and landscape composition on the population structure of a common aquatic turtle in a region undergoing rapid development. *Conservation Biology* 18: 758–767.
- Martin M. (1993): Reproduction of the timber rattlesnake (*Crotalus horridus*) in the Appalachian mountains. *J. Herpetol.* 27: 133–143.
- Martin W.H. (1992): The timber rattlesnake: Its distribution and natural history. Pages 13–22 *In* T. F. Tynning, (ed.), *Conservation of the timber rattlesnake in the northeast*. Massachusetts Audubon Soc., Lincoln, MA.
- Mason R.T. (1992): Reptilian pheromones. str 114–228 *in* Gans C. & Crews D., eds. *Biology of the Reptilia*, vol. 18. Hormones, brains and behavior. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA.
- Mason R.T., Fales H.M., Jones T.H., Pannell L.K., Chinn J.W., Crews D. (1989): Sex pheromones in snakes. *Science* 245: 290–293.
- Mata C., Hervás I., Herranz J., Suárez F. & Malo D.E. (2003): Effectiveness of wildlife crossing structures and adapted culverts in a highway in Northwest Spain. *ICOET 2003 Proceedings*. 265–276.
- Mazerolle M.J. (2004): Amphibian road mortality in response to nightly variations in traffic intensity. *Herpetologica* 60: 45–53.
- Merila J., Forsman A., Lindell L.E. (1992): High frequency of ventral scale anomalies in *Vipera berus* populations. *Copeia* 1992: 1127–1130.
- Mitro M.G. (2003): Demography and viability analyses of a diamond-back terrapin population. *Can.J.Zool.* 81: 716–726.
- Moore R.G. (1978): Seasonal and daily activity patterns and thermoregulation in the southwestern speckled rattlesnake (*Crotalus mitchelli pyrrhus*) and the Colorado desert sidewinder (*Crotalus cerastes laterorepens*). *Copeia* 1978 (3): 439–442.
- Morrison S. A. & D. T. Bolger (2002): Variation in a sparrow's reproductive success with rainfall: Food and predator-mediated processes. *Oecologia* 133: 315–324.
- Moser A., Graber C., Freyvogel T.A. (1984): Observations sur l'ethologie et l'évolution d'une population de *Vipera aspis* (L.) au nord du Jura Suisse. *Amphibia-Reptilia* 5, 373–393.
- Mumme R.L., Schoech S.J., Woolfenden G.W., Fitzpatrick J.W. (2000): Life and death in the fast lane: demographic consequences of road mortality in the Florida scrub jay. *Conserv. Biol.* 14: 501–512.
- Nelson D., Scardamalia-Nelson C.B. (2003): Vertebrate road-kill survey of the Mobile Bay causeway. *In*: Abstracts of the 88th Annual Meeting of the Ecological Soc. of Amer., Savannah, GA.
- Osgood D.W. (1978): Effects of temperature on the development of meristic characters in *Natrix fasciata*. *Copeia* 1978: 33–47.
- Parker W.S., Plummer M.V. (1987): Population ecology. *In*: Seigel, R.A., Collins, J.T., Novak, S.S. (Eds.), *Snakes – Ecology and Evolutionary Biology*. McGraw Hill, New York, str. 253–301.
- Paulissen M.A. (1988): Ontogenetic and seasonal shifts in microhabitat use by the lizard *Cnemidophorus sexlineatus*. *Copeia* 1988: 1021–1029.
- Pellet J., Guisan A., Perrin N. (2004): A concentric analysis of the impact of urbanization on the threatened European tree frog in an agricultural landscape. *Conserv. Biol.* 18: 1599–1606.
- Piepgas S.A., Lang J.W. (2000): Spatial ecology of Blanding's turtle in central Minnesota. *Chelonian Conserv. and Biol.* 3: 589–601.
- Podlucky R. (1989): Protection of amphibians on roads - examples and experiences from Lower Saxony. Pp. 15–28 *In* T. E. S. Langton (ed.) *Amphibians and Roads Proceedings of the Toad Tunnel Conference*. ACO Polymer Products, Shefford, England.
- Prestt, I. (1971): An ecological study of the viper *Vipera berus* in southern Britain. *Journal of Zoology*, London 164, 373–418.
- Prior K.A., Weatherhead P.J. (1996): Habitat features of Black Rat Snake hibernacula in Ontario. *Journal of Herpetology* 30:211–218.

- Prior K.A., Gibbs H.L., Weatherhead P.J. (1997): Population genetic structure in the black rat snake: implications for management. *Conserv. Biol.* 11: 1147–1158.
- Prior K.A., Blouin-Demers G., Weatherhead P.J. (2001): Sampling biases in demographic analyses of black rat snakes (*Elaphe obsoleta*). *Herpetologica*, 57: 460–469.
- Price A.H. (1983): Roadriding as a herpetofaunal collecting technique and its impact upon the herpetofauna of New Mexico. Report of Endangered Species Program, New Mexico Dept. Of game and Fish.
- Qualls C.P., Andrews R.M. (1999): Cold climates and the evolution of viviparity in reptiles: cold incubation temperatures produce poor-quality offspring in the lizard, *Sceloporus virgatus*. *Biol. J. Linn. Soc.* 67: 353–376.
- Qualls F.J., Shine R. (2000): Post-hatching environment contributes greatly to phenotypic variation between two populations of the Australian garden skink, *Lampropholis guichenoti*. *Biol. J. Linn. Soc.* 71: 315–341.
- Reh W., Seitz A. (1990): The influence of land use on the genetic structure of populations of the common frog *Rana temporaria*. *Biol. Conserv.* 54: 239–249.
- Reinert H.K. (1993): Habitat selection in snakes. In: Seigel, R.A., Collins, J.T. (Eds.), *Snakes: Ecology and Behaviour*. McGraw-Hill, New York. 201–240.
- Reinert H.K., Zappalorti R.T. (1988a): Timber rattlesnakes of the Pine Barrens (*Crotalus horridus*): Their movement patterns and habitat preference. *Copeia* 1988:964–978.
- Reinert H. K., Zappalorti R. (1988b): Field obsmation of the association af adult and neonatal timbr rattlesnakes, *Crotalus horridus*, with possible evidence for conspecific trailing. *Copeia* 1988:1057–1059.
- Rhen T., Lang J.W. (1998): Among-family variation for environmental sex determination in reptiles. *Evolution*, 52: 1514–1520.
- Roberts D. (2000): Red-sided garter snake mortality on PTH 17 at Narcisse WMA. Canadian Amphibian and Reptile Conservation Network
<http://www.carcnet.ca/english/carcnethome.html>
- Rodda G.H. (1990): Highway madness revisited: roadkilled Iguana iguana in the Llanos of Venezuela. *J. Herpetol* 24: 209–211.
- Rodriguez-Robles, JA: Home ranges of gopher snakes (*Pituophis catenifer*, Colubridae) in central California. *Copeia*, 2003, IS 2.
- Rosen P. C., Lowe C.H. (1994): Highway mortality of snakes in the Sonoran desert of southern Arizona. *Biological Conservation* 68: 143–148.
- Roe J.H., Kingsbury B.A., Herbert N.R. (2003): Wetland and upland use patterns in semi-aquatic snakes: implications for wetland conservation. *Wetlands* 23: 1003–1014.
- Roe J.H., Kingsbury B.A., Herbert N.R. (2004): Comparative water snake ecology: conservation of mobile animals that use temporally dynamic resources. *Biological Conservation* 118: 79–89.
- Roe J.H., Gibson J., Kingsbury B.A. (2006): Beyond the wetland border: Estimating the impact of roads for two species of water snakes. *Biol. Conserv.* 130: 161–168.
- Row J.R., Blouin-Demers G. (2006): An Effective and Durable Funnel Trap for Sampling Terrestrial Herpetofauna. *Herpetol. Rew.* 37 (2): 183–185.
- Row J.R., Blouin-Demers G., Weatherhead P.J. (2007): Demographic effects of road mortality in black ratsnakes (*Elaphe obsoleta*). *Biol. Conserv.* 137: 117–124.
- Saint Girons H. (1992): Strategies reproductrices des Viperidae dans les zones temperees fraiches et froides. *Bulletin de la Société Zoologique de France* 117, 267–278.
- Santos X., Llorente G. (2001): Seasonal variation in reproductive traits of the oviparous watersnake, *Natrix maura*, in the Ebro Delta of northeastern Spain. – *Journal of Herpetology* 35: 653–660.
- Schlaepfer M.A., Runge M.C., Sherman P.W. (2002): Ecological and evolutionary traps. *Trends in Ecology and Evolution* 17: 474–480.
- Sealy J.B. (2002): Ecology and behaviour of the timber rattlesnake (*Crotalus horridus*) in the upper Piedmont of North Carolina: identified threats and conservation recommendations. 561–578. In: *Biology of the Vipers*. G.W. Schuett, M. Hoggren, M.E. Douglas, H.W. Greene (eds), Eagle Mountain Publishing, Eagle Mountain, Utah.

- Seibert H.C., Conover J.H. (1991): Mortality of vertebrates and invertebrates on an Athens County, Ohio, highway. *Ohio J. Sci.* 91: 163-166.
- Seigel R.A. (1986): Ecology and conservation of an endangered rattlesnake, *Sistrurus catenatus*, in Missouri, USA. *Biological Conservation* 35: 333-346.
- Seigel R.A., Pilgrim M.A. (2002): Long-term changes in movement patterns of Massasaugas (*Sistrurus catenatus*) *In*: Schuett G.W., Hoggren M., Greene H.W. eds., *Biology of the Vipers*. Biological Sciences Press: Traverse City, MI.
- Semlitsch R.D., Bodie J.R. (2003): Biological criteria for buffer zones around wetlands and riparian habitats for amphibians and reptiles. *Conservation Biology* 17: 1219-1228.
- Shine R., Fitzgerald M. (1995): Variation in mating systems and sexual size dimorphism between populations of the Australian python *Morelia spilota* (Serpentes: Pythonidae). *Oecologia* 103: 490-498.
- Shine R. (1993): Ecological studies on Australian pythons. *In*: Uricheck, M. (Ed.), *Proceedings of the Fifteenth International Herpetological Symposium*. International Herpetological Symposium, Seattle, WA. 29-40.
- Shine R., Barrott E.G., Elphick M.J. (2002): Some like it hot: effects of forest clearing on nest temperatures of montane reptiles. *Ecology* 83: 2808-2815.
- Shine R., Mason R.T. (2004): Patterns of mortality in a cold-climate population of Garter Snakes (*Thamnophis sirtalis parietalis*). *Biological Conservation* 120:210-210.
- Shine R., Lemaster M., Wall M., Langkilde T. & Mason R. (2004): Why Did the Snake Cross the Road? Effects of Roads on Movement and Location of Mates by Garter Snakes (*Thamnophis sirtalis parietalis*). *Ecology and Society* 9(1): 13 str.
- Slip D.J. (1986): Ecology and Thermal Biology of the Diamond Python, *Morelia spilota spilota*. M.Sc. thesis, University of Sydney.
- Smith L.L., Dodd Jr. C.K. (2003): Wildlife mortality on highway US 441 across Paynes Prairie, Alachua County, Florida. *Florida Scientist* 66: 128-140.
- Southwood A., Avens L. (2010): Physiological, behavioral, and ecological aspects of migration in reptiles. *J. Comp. Physiol.* 180: 1 – 23.
- Spellerberg, I.F. (1988): Ecology and management of reptile populations in forests. *Quarterly J. Forestry* 82: 99-109.
- Stearns S.C. & Koella J.C. (1986): The evolution of phenotypic plasticity in life history traits: predictions of reaction norms for age and size at maturity. *Evolution* 24: 55-74.
- Steen D.A., Gibbs J.P. (2004): Effects of roads on the structure of freshwater turtle populations. *Conserv. Biol.* 18: 1143-1148.
- Steen D.A., Smith L.L. (2006): Road survey for turtles: Conservation of possible sampling biases. *Herpetol Conserv. and Biol.* 1 (1): 9-15.
- Stevenson R.D., Peterson C.R., Tsuji J.S. (1985): Thermal dependence of locomotion, tongue flicking, digestion, and oxygen consumption in the wandering garther snake. *Physiol. Zool.* 58: 46-57.
- Street D. 1979: *The Reptiles of Northern and Central Europe*. – B.T. Batsford Ltd, London.
- Szerlag S. & McRobert S.P. (2005): Road ecology of the northern diamondback terrapin, *malaclemys t. terapin*. *ICOET 2005 Proceedings*.
- Thompson F. R. III, Dijak W., Burhans D.E. (1999): Video identification of predators at songbird nests in old fields. *Auk*, 116: 259-264.
- Thompson F. R. III, Burhans D.E. (2003): Predation of songbird nests differs by predator and between field and forest habitats. *Journal of Wildlife Management*, 67: 408-416.
- Tiebout H.M. & Cary J.R. (1987): Dynamic spatial ecology of the water snake, *Nerodia sipedon*. *Copeia* 1978 (1): 1 – 18.
- TP 189, Stanovení intenzit dopravy na pozemních komunikacích, 2. Vydání. Plzeň: EDIP, s.r.o., 2012. ISBN 978-80-87394-06-9
- Trombulak, S.C., Frissell, C.A., 2000. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conservation Biology*. 14: 18-30.
- Valenzuela N. (2001): Constant, shift, and natural temperature effects on sex determination in *Podocnemis expansa* turtles. *Ecology* 82: 3010-3024.

- Vos C.C., Chardon P. (1998): Effects of habitat fragmentation and road density on the distribution pattern of the moor frog *Rana arvalis*. *Journal of Appl. Ecol.* 35: 44–56.
- Weatherhead P. J., Charland M.B. (1985): Habitat selection in an Ontario population of the snake, *Elaphe obsoleta*. *Journal of Herpetology* 19: 12–19.
- Weatherhead P.J., Hoysak D.J. (1989): Spatial and activity patterns of black rat snakes (*Elaphe obsoleta*) from radiotelemetry and recapture data. *Can. J. Zool.* 67: 463–468.
- Weatherhead P. J., Blouin-Demers G., Cavey K.M. (2003): Seasonal and prey-size dietary patterns of black ratsnakes (*Elaphe obsoleta obsoleta*). *American Midland Naturalist*, 150: 275–281.
- Webb J.K., Shine R. (1998): Using thermal ecology to predict retreat-site selection by an endangered snake species. *Biol. Conserv.* 86: 233–242.
- Woodbury A. M., Vetas B., Julian B., Glismeyerr H.R., Heyrend F.L., Call A., Smart E.W., Sanders R.T. 1951. Symposium: a snake den in Tooele County, Utah. *Herpetologica* 7:1–52.
- Wilkins K.T. (1982): Highways as a barriers to rodent dispersal. *The Southwestern Naturalist* 27: 459–460.
- Zuiderwijk A., Smit G., van Den Bogert H. (1993): Man-made hatcheries for grass snakes (*Natrix natrix* L. 1758): a simple method for grass snake conservation. *Mertensiella* 3: 227–234.



Ministerstvo životního prostředí

Podpořeno grantem z Islandu, Lichtenštejnska a Norska. Součástí projektu „Komplexní přístup k ochraně fauny terestrických ekosystémů před fragmentací krajiny v ČR (EHP-CZ02-OV-1-028-2015)“.

Tento dokument byl vytvořen za finanční podpory EHP fondů 2009-2014 a Ministerstva životního prostředí. Za obsah tohoto dokumentu je výhradně odpovědná AOPK ČR a nelze jej v žádném případě považovat za názor donora nebo Ministerstva životního prostředí.