



PETR POKORNÝ

Všechno je jinak

„Centrální paradigma“ kvartérní paleoekologie v troskách?

Princip Occamovy břitvy, ve vědě mnohokrát osvědčený, velí přiklonit se k takovým modelům a hypotézám, které operují s co nejmenším množstvím neodůvodněných předpokladů. To ovšem nutně neznamená, že nejjednodušší modely jsou zrovna ty nejsprávnější. Skutečnost je mnohdy složitá, netriviální a těžko zbadatelná. Časem se může stát, že se neodůvodněné předpoklady promění v prokázaná fakta, a ta nakonec donutí badatele k přijetí mnohem komplikovanějších představ. V některých případech může mít takové poznání krajní důsledky a může způsobit zhroucení převládajících paradigmat. Právě teď se zdá, že jedno takové paradigma dospívá ke svému konci. A není to zrovna paradigma okrajové.

Po dobu delší než 100 let, zhruba od objevu vícenásobně se opakujících ledových a meziledových dob (viz Vesmír 89, 164, 2010/3; 89, 242, 2010/3), převládá při výkladu historických kořenů současné přírody mírného klimatického pásma následující představa: V dobách ledových narůstaly v polárních oblastech ledovcové příkrovy, které zatlačovaly veškeré, pochopitelně zejména teplomilné organismy do nižších zeměpisných šířek. Ně-

kteří to ani nemusely přežít, protože narazily na neprostupné klimatické či geografické bariéry (horská pásma, moře, pouště ap.). Ty přeživší se po oteplení a odlednění šířily směrem k pólům a znovu obsadily nově uvolněné prostory. Něco jako přílivové a odlivové vlny přírody v rytmu dlouhodobých klimatických změn. Prizmatem této představy se daly celkem uspokojivě vysvětlit zákonitosti současného rozšíření organismů. Naprostá většina fosilních nálezů tuto představu potvrzovala. Pokud se některá konkrétní pozorování jejím rámci vymykala, vždy se to elegantně svedlo na nedokonalosti příslušných fosilních záznamů. Nikomu se nechtělo jen tak obětovat příjemně jednoduchý, nutně však schematický výklad historie. Současná exploze poznání čtvrtohorního období ruku v ruce s fylogeografickými analýzami moderních vzorků DNA i vzorků starých (aDNA – *ancient DNA*) ale přinesla doslova smršť různých

← 1. Zbytky lesa na dně vytěženého rašeliníště u Stochova ve středních Čechách. Pařezy a kmeny jsou převážně borové. Mezi nimi se ale našlo i několik smrkových. Jsou staré 10 000 let, což znamená, že pocházejí z úplného začátku doby poledové (holocénu). Jsou dokladem rychlé kolonizace ze vzdálených refugií? Nebo snad důkazem lokálního přežívání v rámci chladných úseků posledního glaciálu? Snímek © P. Pokorný.

nepohodlných nesrovnalostí s výše uvedeným výkladem. Zdánlivě neochvějné paradigma se tak nenápadně, zato nezadržitelně přesunulo do role pouhé nulové hypotézy.* Na jejím pozadí se teprve začíná rozvíjet nepoměrně složitější a zajisté i zajímavější historie.

Polévatý pyl a kontroverzní makrozbytky

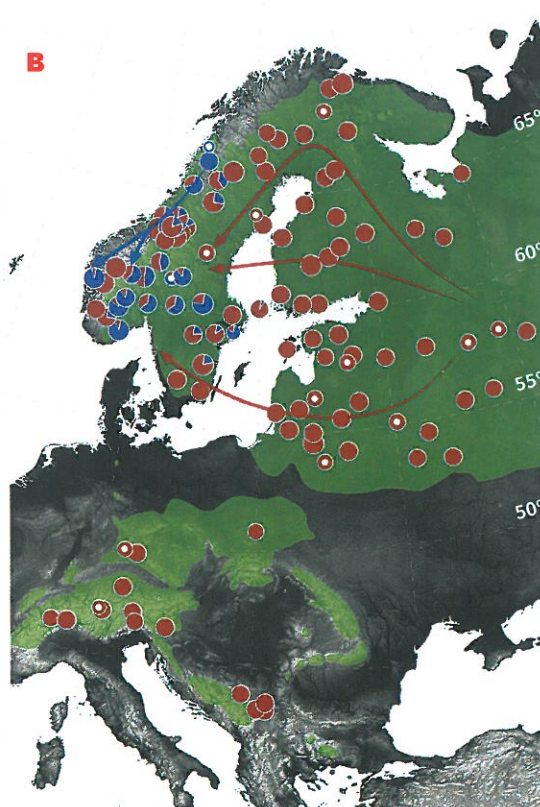
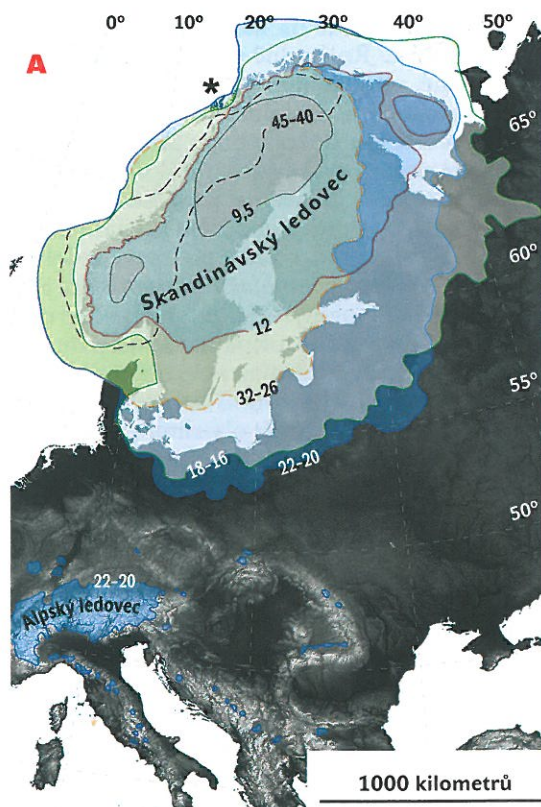
Hlavním zdrojem poznání biologických aspektů čtvrtohorního prostředí bývala od doby svého vzniku a bouřlivého rozvoje (dvacátá léta 20. století) metoda pylové analýzy. Pylová zrna se dobře zachovávají v různých situacích a jejich analýza je ze statistického hlediska poměrně robustní technikou, protože poskytuje rozsáhlé soubory dat (v jediném krychlovém centimetru vhodného sedimentu nalezneme řádově desítky tisíc pylových zrn). Na druhou stranu se této metodě tradičně vytýkají její nejasné výpovědi ve vztahu k vzácným druhům a k možnostem paleogeografické rekonstrukce. Jediní, kteří produkují málo pylu (hmyzosprašníci, z nějakého důvodu zrovna nekvetoucí, nebo prostě ti s nízkou populační početností), jsou na pozadí jedinců vysoce produktivních těžko zachytitelní. Pyl navíc může létat na velkou vzdálenost. Jestliže nalezneme v nějakém vzorku z vrcholné doby ledové pár pylových zrn teplomilných rostlin, jako že se to pravidelně stávalo a stává, je jistě namístě považovat jejich nález za možný výsledek vě-

trného transportu ze vzdálených jižněji položených oblastí. Nebo ještě hůře – za zbytky vyváté či spláchnuté ze starších uloženin vzniklých v předcházejících, klimaticky teplejších obdobích. V prvním případě za jakýsi šum v pozadí, v druhém a horším případě za vyslovenou nástrahu uchystanou sedimentačními procesy.

Nepoměrně lepší situace je naštěstí u makrozbytků – což je zavedený termín pro zbytky rostlin pouhým okem viditelné, od drobných semínek, listů, jehlic až po celé kmeny stromů. V jejich případě je dálkový transport mnohem méně pravděpodobný a redepozici ze starších uloženin můžeme vyloučit jejich přímým datováním (případy z poslední ledové doby, o které nám jde především díky přímému vztahu k současnosti, jež nás pochopitelně nejvíce zajímá, naštěstí leží v dosahu radiokarbonového datování). K záhadným vrcholně glaciálním nálezům makrozbytků teplomilných rostlin daleko na severu sice v minulosti pravidelně docházelo, málokdo jim však věnoval pozornost, kterou by právem zasluhovaly. Právě kvůli nadvládě převládajícího paradigmatu, do kterého se jaksí nehodily.

Teprve nedávno všechny takové nálezy, konkrétně ze širokého prostoru severní Eurasie, shromáždila mezinárodní skupina badatelů a podrobila je kritickému zhodnocení. Důležité bylo zejména jejich spolehlivé časové zařazení. Článek vyšel v roce 2009 v časopise *Quaternary Science Reviews* (viz seznam literatury; tamtéž pro všechny další citované zdroje). Databáze obsahuje desítky případů, kdy byly nalezeny vrcholně glaciální makrozbytky borovice, stromových bříz, stromových olší, modřínů, smrků a vrb daleko na severu, mnohdy přímo při samém okraji tehdejších kontinentálních ledovců. Z rozsáhlé

*) Tj. hypotéza, o které sice věříme, že platí, ale přesto se těšíme na možné výjimky, které takřkajíc potvrzují pravidlo.



2. Paleogeografická rekonstrukce Evropy na vrcholu poslední ledové doby. Barevně je naznačen rozsah ledovců v jednotlivých obdobích. Symbol * představuje nové objevené refugium s fosilním záznamem. Na sousedním obrázku je graficky znázorněn výsledek fylogeografické analýzy současné populace smrku. Modrý haplotyp pochází pravděpodobně z vrcholně glaciálních refugií na nunatacích. Šipky naznačují postup postglaciální kolonizace dominantním haplotypem východoevropského (eventuálně západosibiřského) původu. Zelenou barvou je vyznačen současný areál smrku. Zdroj: Parducci a kol., 2012.



3. Teplé a vlhké horské kotliny Západních Karpat. Místa, kde bychom měli hledat vrcholně glaciální „kapsy“, ve kterých přežívala teplomilná příroda interglaciálního typu. Snímek © P. Pokorný.

revize jasně vyplývá, že představu o přežívání alespoň některých teplomilných druhů v prostoru jejich dnešního rozšíření je nutno vzít za bernou minci. Řečeno jinými slovy: Prostor jejich dnešního rozšíření mohl být kolonizován z místních zdrojů, a tudíž nebyly nezbytně nutné dálkové migrace sledující formou frontálního útoku postup postglaciálního oteplování. Ne že by k nim nedocházelo, ale jsou zkrátka i jiné možnosti a celá záležitost se tím značně komplikuje.

Smrky, medvědi a nunataků

V Alpách už poměrně dlouho straší podivné nálezy kostí jeskynních medvědů datované do vrcholného glaciálu. Pocházejí z vysoko položených jeskyní, což v místních podmínkách

znamená jediné: Tito velcí býložravci přežívali dobu ledovou na izolovaných vrcholcích nezaledněných horských hřebenů – na období *nunataků* (slovo pochází z jazyka Inuitů a znamená cosi jako osamělý vrchol či skalní štít). Ba co víc! Dole v údolích se plazily mohutné ledovce, zatímco prostředí výše položených *nunataků* muselo být vysloveně produktivní a velice bohaté na zdroje – přímo nečekaně příjemné. Rozhodně příhodnější, než je to současné, protože inkriminované jeskyně leží v nehostinném subalpínském pásmu, které je dnes prosté jakéhokoliv bujnějšího života. Důvodem nejspíš byla průběžná dostupnost vlhkosti z tajících ledovců v jinak suchém, zato však teplém a velice slunečném glaciálním létě.

V časopise *Science* zcela nedávno vyšel článek, který teorii *nunataků* posouvá do ještě extrémnější polohy. Na pobřeží severního Norska se podařilo připadnout na jeden bývalý vrcholně glaciální nezaledněný ostrůvek s dochovanými jezerními sedimenty stejného stáří (viz obr. 2). Ty obsahují pylová zrna a makrozbytky, které dohromady dokládají lesnaté prostředí. Ostrůvek smrkové tajgy sevřený z jedné strany příkrovem ledovcového štítu a z druhé strany ledovou hladinou oceánu! Zeměpisná šířka: téměř 70°. Jižní okraj ledovce byl odsud vzdálený bezmála 2000 kilometrů. Je to jehla v kupce sena a varovný prst zdvižený nad teoriemi o beznadějně mrazivém severu a vzdálených jižních refugiích. Nehledě na to, že nikdo neví, jak povrch okolního ledovce vlastně vypadal. Vůbec to nemusela být modravá masa zvonivého ledu. Ledovec mohl být pokryt mohut-

K DALŠÍMU ČTENÍ

- Binney H. A. a kol.: The distribution of late-Quaternary woody taxa in northern Eurasia: evidence from a new macrofossil database. *Quaternary Science Reviews* 28, 2445–2464, 2009.
- Döppes D., Rabeder G., Stiller M.: Was the Middle Würmian in the High Alps warmer than today? *Quaternary International* 245, 193–200, 2011.
- Jankovská V., Pokorný P.: Forest vegetation of the last full-glacial period in the Western Carpathians (Slovakia and Czech Republic). *Preslia* 80, 307–324, 2008.
- Ložek V.: *Zrcadlo minulosti. Česká a slovenská krajina v kvartéru*. Kapitola 7. Slovenský kras – glaciální refugium na okraji Karpat. Dokořán, Praha 2007.
- Parducci L. a kol.: Glacial Survival of Boreal Trees in Northern Scandinavia. *Science* 335, 1083–1086, 2012.
- Petr L., Žáčková P., Grygar T. M., Píšková A., Křížek M., Tremil V.: Šúr, a former late-glacial and Holocene lake at the westernmost margin of the Carpathians. *Preslia* 85, 239–263, 2013.
- Willis K. J., van Andel T. H.: Trees or no trees? The environments of central and eastern Europe during the Last Glaciation. *Quaternary Science Reviews* 23, 2369–2387, 2004.

ným krunýřem z balvanů a šterku a sám jeho povrch mohl v letním období překypovat životem. Osobně jsem kdysi viděl příklad takového prostředí ve střední Asii, na Kučerlinském ledovci v oblasti jižního Altaje. Smrky a modřiny tam byly jakoby „opilé“ od toho, jak led hluboko pod nimi roztával a povrch terénu byl nestabilní. Jinak nic nenasvědčovalo tomu, že se nacházíme na ledovci. Naopak, prostředí tu bylo bujnější než na okolních svazích, zjevně díky stabilnímu přísunu vody uvolňované postupně z tajícího ledu.

Citovanou zprávu o norském *nunataku* konuruje fylogeografická analýza současné populace smrku konfrontovaná s DNA izolovanou z nalezených smrkových makrozbytků. Ukazuje se, že téměř polovina Skandinávie mohla být kolonizována autochtonním haplotypem smrku ze šťastně objeveného refugia na *nunataku* nebo z celé skupiny refugií jemu podobných.

Záhadné vrcholně glaciální „kapsy“

Když tedy v glaciálních Alpách a daleko na zaledněném severu, proč ne také u nás, ve střední Evropě? V České republice máme s výjimkou sprašových faun bohužel zoufale málo paleobotanických dokladů z vrcholné doby ledové. To málo, co je nám k dispozici, navíc pochází z teplých výkyvů (tzv. interstadiálů), které předcházely období maximálního ochlazení datovanému zhruba 20 000 let před současností. Nalézt správně staré a přitom dostatečně reprezentativní soubory makrozbytků je otázkou obrovského štěstí, které jsme doposud neměli. Je však pravděpodobné, že podmínky v oblasti dnešních Čech byly vesměs nepříznivé, a sice kvůli přílišnému suchu.

Situace mohla být daleko příhodnější východním směrem, v mezoklimaticky přízni-

vém prostředí horských údolí a kotlin Západních Karpat, kde náš přední přírodovědec Vojen Ložek dokládá přežívání náročných lesních druhů měkkýšů (ve Slovenském kraju) a kde brněnská paleobotanička Vlasta Jančová našla makrozbytky smrku, modřinu a borovice limby a datovala je radiokarbo-
ně do období maximálního ochlazení posledního glaciálu (ve Spišské kotlině). V prostoru Západních Karpat, tedy především na území dnešního Slovenska, bychom navíc mohli očekávat přežívání klimaticky náročnějších druhů listnatých dřevin, jako jsou lípa, líska, jilm, jasan, dub nebo buk.

V hypotetické rovině o tom píše K. Willis a spoluautoři, kteří spekulují o existenci drobných ostrůvků interglaciální přírody v rámci glaciálního prostředí – „kapes s teplomilnými druhy listnatých dřevin“. Vysvětlují tím časnou postglaciální kolonizaci okrajů Maďarské (Panonské) nížiny populacemi listnatých dřevin, jejichž genetická struktura neodpovídá populacím přeživším v jihoevropských refugiích. Netřeba snad ani dodávat, že prostředí glaciálních „kapes“ listnatých lesů, pokud nějaké takové byly, muselo být oživeno celou řadou lesních organismů, které jinak považujeme za typicky interglaciální, resp. postglaciální. Je pouze otázkou času, kdy se na nějakou takovou vrcholně glaciální „kapsu“ podaří natrefit a získat z ní zbytky teplomilné flóry a fauny. Pro tradiční paleoekologické paradigma bude takový nález znamenat další podstatnou trhlinu. Zatím máme k dispozici jen určité mlhavé indicie, například zcela nový nález poměrně značného množství pylu listnatých dřevin v sedimentech pozdně glaciálního jezera na lokalitě Šúr na jihozápadním okraji slovenských Karpat (Petr L. a kol. 2013).

Abstract: The Times They Are A-Changin' by Petr Pokorný. Tree species characteristic of modern temperate forests are recorded at least intermittently from the period of the last glacial maximum (LGM), through the LGM and Late glacial, to the Holocene, and some records locate trees close to the limits of the Scandinavian ice sheet, supporting the hypothesis that some temperate taxa persisted in northern refugia during the last glacial cycle. Together with phylogeographic records, these findings seem to reject the traditional hypothesis about southern glacial refugia and subsequent colonization following the process of warming and deglaciation. With regard to these facts we face a substantial paradigmatic shift in the field of palaeoecology, and there are already several reasons to believe that the territory of Eastern Central Europe (namely the Czech and Slovak Republics) will become a focal point in the further development in this research field.

Po stopách skrytých refugií

Skrytá refugia jsou extrémně chráněná stanoviště, na nichž mohly přežít glaciální druhy mírného pásma v rámci svého dnešního areálu. Otázka jejich existence v periglaciální zóně se dnes těší zvýšené pozornosti, neboť mnohé druhy živočichů i rostlin sotva byly schopné migrace na jih Evropy a opětného návratu do své dnešní domoviny ve střední Evropě, jak se to obvykle předpokládá u savců a řady rostlin.

Abychom si přiblížili tento problém, kterým si odedávna lámali hlavu mnozí botanici i zoologové, stručně nastíníme jeho vývoj v minulosti. Obraz glaciální přírody střední Evropy se odedávna vytvářel na základě nálezů koster stepních i tundrových zvířat v cihelnách a hli-

ništích založených ve spraši, popřípadě v jeskyních. Vystihuje ho i název klasické monografie *Über Tundren und Steppen der Jetzt- und Vorzeit, mit besonderen Berücksichtigung ihrer Fauna*, kterou uveřejnil A. Nehring v Berlíně již r. 1890. Byla popudem k úvahám, kam se během ledové doby poděla dnešní vegetace a fauna s daleko vyššími nároky na teplotu i vlhkost a především patřící lesu. Obvykle se předpokládalo, že ochlazení zatlačilo tyto druhy i celá společenstva až do Středomoří. Takovou migraci si lze představit u pohyblivých druhů, třeba větších savců nebo létajícího hmyzu, ale stěží u drobných bezobratlých závislých na určitých mikroklimatických podmínkách, a zejména ne u endemitů vázaných

VOJEN LOŽEK

RNDr. Vojen Ložek, DrSc.,
viz Vesmír 92, 574, 2013/10.

na omezené okrsky v Alpách nebo Karpatech. Proto již r. 1902 švýcarští botanici R. Chodat a R. Pampanini vyslovili domněnku, že takové druhy přežily glaciál na nezaledněných předhořích Alp, která označili termínem „Massifs de refuge“. Tuto představu pak podrobně rozvedl Karl Holdhaus v monografii *Die Spuren der Eiszeit in der Tierwelt Europas*. Novodobou variací na toto téma je hypotéza skrytých refugií (cryptic refugia). V rámci střeoevropské faunogeneze se tak nabízí přijatelné řešení, ovšem zatím jde spíše jen o hypotézu, kterou mohou potvrdit pouze fosilní doklady. Nejlepší možnosti poskytují suchozemští plži díky hojnému výskytu svých ulit v sedimentech glaciálního období.

I u nás máme pahorkatiny až vrchoviny v chráněných polohách, třeba Český kras, Pálavu, jih Moravského krasu nebo západní křídlo Středohoří. Tam všude náš výzkum ovšem narazil na nečekanou překážku, o níž třeba Holdhaus neměl ani tušení: glaciál je zde totiž zastoupen spraší nebo sutěmi se sprašovou výplní s charakteristickou stepní faunou, tedy prostředím zcela nevhodným pro případné lesní biocenózy. Vyšší vegetační stупeň, kde by se lesní refugia rovněž

mohla nacházet, leží již mimo tyto příznivé okrsky a v oblasti České vysočiny neposkytuje vhodné fosilizační podmínky.

Jinak je tomu v Karpatech, zvláště Slovenských, jejichž jižní výběžky a předhoří jsou obdobou alpských Massifs de refuge, nehledě na to, že zčásti leží mimo sprašovou zónu. Příkladem je Slovenský kras nebo údolí středního Hronu, kde se podařilo najít souvrství pleniglaciálních sedimentů s celými sledy plžích společenstev s řadou poměrně náročných lesních druhů, které zde přežily vrchol poslední ledové doby. Dokládají, že zhruba v polohách mezi 300–600 m zde skutečně přetrvala poměrně náročná lesní společenstva, což potvrzují i paleobotanické doklady, zejména ze Šafárky na východním okraji Slovenského ráje. Stále však jde jen o roztroušená, víceméně izolovaná naleziště, neboť odkrytí dalších lokalit je dnes otázkou šťastné náhody, např. ve výkopech při velkých stavbách nebo při lomové těžbě. Zatím se pro ně dobře hodí termín cryptic refugia, ale skrývá se jich zde nepochybně víc, takže kdoví – možná přijde doba, kdy už nebudou *cryptic*, ale charakteristickou složkou reliktní lesní zóny. γ

JAROSLAV PETR

Hormonální zombie

Skrytá tvář endokrinního disruptoru

Ve dne chřadne, v noci nabírá na síle. Řeč není o některém z dnes tak populárních filmových či románových upírů, ale o syntetickém hormonu, který je s to napáchat v životním prostředí i v lidském organismu velkou neplechu.

Dopované hovězí

Trenbolon acetát je zlatý důl pro jeho výrobce i pro americké chovatele skotu. Každoročně napíchnou farmáři v USA tento syntetický hormon 20 milionům býků. Dobytek pak lépe využívá krmivo k růstu a vytváří si více svalové hmoty. Farmáři si tak ročně přijdou navíc na miliardu dolarů. Trenbolon acetát se v těle býka mění na trenbolon a ve svalových buňkách působí na místech určených pro vlastní hormony zvířete, například pro testosteron produkovaný ve varlatech. Trenbolon sehrává roli šperháku otevírajícího zámek k růstu svalu místo „klíčů“ – tedy hormonů, jež si vyrábí samo zvíře.

Hormon nezůstává v těle zvířete, ale proměněný s celou řadou dalších molekul je vylučován s močí i výkaly a dostává se do životního prostředí. Mohl by tam napáchat velké škody, protože patří k látkám souhrnně označovaným jako endokrinní disruptory. To znamená, že je „členem klubu“ látek schopných narušit hormonální rovnováhu v organismu živočichů i člověka. Účinky trenbolonu jsou v tomto ohledu razantní. Po-

kud se ryby vyvíjejí ve vodě obsahující řádově desítky nanogramů¹ trenbolonu na litr, odskáčou si to poruchami ve vývoji pohlavních žláz a narušenou plodností.

Právě takové efekty jsou pro endokrinní disruptory typické. Často se chovají v rozporu s tím, co nám napovídá zdravý selský rozum. Ve vysokých koncentracích se jeví jako neškodné, ale při koncentracích o několik řádů nižších najednou nabírají na síle a v organismu devastují velemenné předivo hormonů jako buldozer projíždějící skladem porcelánu. To je jen jedna ze zákeřností endokrinních disruptorů. Další spočívá v tom, že dost dobře netušíme, které látky se jako „hormonální buldozery“ chovají, protože bezpečnostní testy se donedávna soustředily přednostně na toxické účinky posuzovaných chemikálií. A mnohé látky byly vyhlášené za bezpečné jen proto, že přestávaly být jedovaté v koncentracích, jež jsou mnohonásobně vyšší než koncentrace, při kterých ta samá chemikálie odhalí svou skrytou disruptorovou tvář. Jiná zrada spočívá v těžko vypočitatelném efektu směsi několika endokrinních disruptorů. To je o to nepříjemnější, že naše životní prostředí se už na koktejl endokrinních disruptorů proměnilo. Jako „hormonální buldozery“ působí komponenty plastů,