

HODNOCENÍ KVALITY OVZDUŠÍ NA DVOU STANOVIŠTÍCH MONITOROVACÍ SÍTĚ V BRNĚ VE VZTAHU K SYNOPTICKÝM SITUACÍM

J. Svoboda

Došlo: 9. března

Abstract

SVOBODA, J.: *Evaluation of the air quality at the two monitoring sites in Brno related to the synoptic situation*. Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun., 2005, LIII, No. 4, pp. 139-144

The main objective of this work was to evaluate influence of transportation on the air quality using IAQ (index of air quality). The data from one of the AIM station were evaluated. The trend in air quality development in years 1996–2003 was described. In days with adverse IAQ values the probable cause of the phenomenon was determined. It is obvious that adverse IAQ values were recorded during these synoptic situations: centre anticyclone, wedge of high pressure, weak pressure field and warm sector of front system. The most frequent was the centre anticyclone synoptic situation which is typical (mainly during winter) by air temperature inversion.

synoptic situations, traffic, measuring devices, air pollution index

Rozhodující vliv na životní prostředí v průmyslových aglomeracích má dnes individuální automobilová doprava, pak následuje silniční nákladní a veřejná. Doprava působí na životní prostředí negativními vlivy:

- znečišťováním ovzduší výfukovými plyny (obsahují škodlivé látky anorganické i organické),
- hlukem,
- znečišťováním povrchových i podzemních vod,
- vibracemi (zatížení vozovky a vliv na okolní stavby),
- zábořem a znehodnocením půdy a volných ploch (nevratný úbytek hlavně zemědělské půdy atd.),
- pevnými odpady,
- zabíjením volně žijících zvířat,
- umělými zásahy do krajiny a někdy i neestetické působení dopravních tras.

Negativní působení dopravy na životní prostředí je do určité míry úměrné počtu vozidel a dopravnímu výkonu.

Zvláštní kapitolu negativního působení dopravy na společnost je nehodovost (např. v roce 1999: 225690, v roce 2000: 211516, v roce 2001: 185664, v roce 2002: 190718 a v roce 2003: 195851 nehod dle údajů Policejního prezidia ČR).

Imisní zatížení lidských sídel na území ČR vypadá následovně (Dierner, 1997):

- malá sídla ležící mimo hlavní dopravní tahy – škodliviny se pohybovaly v průměrných územních hodnotách,
- města střední velikosti – CO v rozmezí 30 až 100 tun na km⁻² za rok, C_xH_y v rozmezí 4 až 100 tun na km⁻² za rok a NO_x v rozmezí 9 až 20 tun na km⁻² za rok.
- velká města – v okrajových částech jako u měst střední velikosti a v centru měst dvojnásobek až trojnásobek těchto hodnot.

V dnešní době při prudkém nárůstu počtu motorových vozidel se situace ve městech a kolem hlavních dopravních tahů zhoršila (Dierner, 1997), přes zvý-

šený počet nových automobilů vybavených řízenými i neřízenými katalyzátory výfukových plynů.

Specifická situace byla a je v Praze (Kurfürst, 1982), vzhledem k počtu motorových vozidel a geografické poloze a členitosti terénu území Prahy.

METODIKA

Pro hodnocení stavu znečištění ovzduší bude použit index kvality čistoty ovzduší (IKČO). Ten je doporučován Státní zdravotní správou k hodnocení stavu ovzduší na základě výsledků měření hmotnostních koncentrací škodlivých látek v ovzduší. Jedná se o doplňkové kritérium hodnocení imisní zátěže atmosféry. Hodnocení zohledňuje možný vliv na zdravotní stav obyvatelstva. IKČO používá jak přímé numerické vyjádření, tak slovní popis (key words). Můžeme říci, že se jedná o jeden z možných postupů jak kvantifikovat míru zátěže ovzduší vybranými škodlivinami.

Výpočet je koncipován jako otevřený systém lineárních nespojitých závislostí, jehož hodnotící stupnice je nezávislá na počtu a typu zahrnutých látek a je možno využít jej k hodnocení delších časových řad. Naměřené (k_d , $k_{0,5}$, k_g) a odvozené hodnoty jsou převáděny do bezrozměrného čísla charakterizující stav znečištění ovzduší. Na základě výsledné hodnoty IKČO lze stav ovzduší vyjádřit šesti úrovněmi, které jsou popsány pomocí jednotlivých kategorií. Pro detailní posouzení budou vybrány v jednotlivých letech dny, ve kterých index kvality čistoty ovzduší byl vyšší než 2,00.

O charakteru rozptylových podmínek (a tím i o hodnotě indexu kvality čistoty ovzduší) rozhoduje i obecný charakter počasí, tzv. typ celkové povětrnosti (synoptické) situace. Vyšší koncentrace znečištění ovzduší se dají vysvětlit synoptickou situací, či zjednodušenou typizací. Pro zjednodušení byly cirkulační typy zúženy do tří základních (v tabulkách označeny SYS I, II, III):

- střed tlakové výše, hřeben (výběžek) – typ I
- nevýrazné tlakové pole – typ II
- teplý sektor frontálního systému – typ III.

V prvním případě jsou si tyto tlakové útvary velmi blízké. Proudění je typické roztékáním vzduchu od nejvyššího tlaku k okrajům ve směru pohybu hodinových ručiček, takže dochází k sestupným proudům (sesedání). Typické jsou časté inverze (hlavně v zimním půlroku) spojené se špatnou ventilací v přízemních vrstvách atmosféry. Srážky většinou nebývají, pokud jsou, tak pouze horizontální, které výměnu vzduchu neovlivňují. Rozptylové podmínky bývají převážně silně zhoršené.

V druhém případě z pohledu analýzy je tento útvar jen obtížně definovatelný. Je však zřejmé, že výměna vzduchu je téměř nevýznamná. Dochází ke vzniku advekčních inverzí a horizontální srážky, pokud se vyskytnou, jsou slabé. Srážky vertikální jsou jen ojedi-

nělé, takže vymývání atmosféry je v podstatě zanedbatelné. Rozptylové podmínky bývají mírně zhoršené.

Ve třetím případě uvnitř frontálního systému, či vlny, mezi teplou a studenou frontou, převládá sice počasí s velkou oblačností, teplotními inverzemi, ale se slabým prouděním vzduchu a málo vydatnými srážkami. Za těchto situací jsou rozptylové podmínky převážně jen slabě zhoršené (Meteorologický slovník, 1996; Brádka, 1961).

Z vyhodnocených synoptických situací vyskytujících se na území naší republiky (popsán stav v Praze) budou vybrány dny podle hodnoty IKČO 2 a vyšší a tyto porovnány s typy synoptických situací vyskytujících se v inkriminovaných dnech.

Postup výpočtu IKČO

IKČO lze stanovit z naměřených ročních (k_p), denních (24 hodinových k_d), nebo krátkodobých ($k_{0,5}$) koncentrací jednotlivých škodlivin.

Látky zahrnuté do výpočtu

Do výpočtu IKČO lze zahrnout všechny sledované látky, u nichž je stanoven vztah mající vliv na zdravotní dopad obyvatelstva formou normativů v podobě nejvyšších přípustných koncentrací:

- imisní limit 24 hodinové koncentrace $K_{d \max}$
- imisní limit 0,5 hodinové koncentrace $K_{0,5}$
- imisní limit roční koncentrace K_p

Synergické působení

Při možnosti souběžného měření polétavého prachu a SO_2 nutno zahrnout jako další látku člen tzv. synergie (SNG) obou látek vyjádřený jako součet obou látek lomený koncentrací jedné z nich (při rozdílných imisních limitech se bere limit o nižší hodnotě):

$$\text{SNG}_{p+\text{SO}_2} = K \frac{K_{d \max \text{ prach}} + K_{d \max \text{ SO}_2}}{K_{d \max}}$$

Výpočet odhadu sekundárních oxidantů

Prozatím se s nimi neuvažuje, protože nejsou stanoveny maximální přípustné koncentrace. Pro výpočet se bere v úvahu naměřená hodnota (denní) globální radiace naměřená standardním pyranometrem (např. Kipp a Zonen).

Stanoví se Y jako suma poměrů naměřených k maximálně přípustným dělená počtem zahrnutých škodlivin

$$Y = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{k_i}{K_i} \right)}{n},$$

kde k_i je naměřená nebo odvozená koncentrace i -té látky, zahrnuté do výpočtu, K_i je odpovídající koncen-

trance imisního limitu i -té zahrnuté látky, a n je počet zahrnutých škodlivin. Výsledná vypočítaná hodnota Y je definována nespojitě, pro určení definovaných úrovní IKČO. Proto se užívají následující lineární nespojitě funkce:

Y_1 pro hodnotu $Y < 1$ se vypočítá $IKČO_1 = Y * 3$

Y_2 pro hodnoty $Y < 1, 2$ se vypočítá $IKČO_2 = Y + 2$

Y_3 pro hodnoty $Y < 2, 5$ se vypočítá $IKČO_3 = (Y + 10)/3$

Y_4 pro hodnoty $Y > 5$ se vypočítá $IKČO_4 = (Y + 20)/5$.

Na základě vypočítaných hodnot Y_i můžeme přiřadit tato slovní vyjádření IKO:

- pokud vypočítaná hodnota Y_i leží v intervalu $<0; 1$) pak těmto hodnotám IKČO přidělíme hodnotu **jedna** – tuto první úroveň slovně vyjádříme názvem **Čisté ovzduší – zdravé příznivé ovzduší**. Barevně se tato úroveň vyjadřuje svěže zelenou barvou (travní zeleň),
- pokud vypočítaná hodnota Y_i leží v intervalu $<1; 2$), pak těmto hodnotám IKČO přidělíme hodnotu **dva** – tj. druhá úroveň IKČO se slovním vyjádřením **Vyhovující ovzduší – zdravé ovzduší**, v barevné škále matná zeleň se žlutým nádechem,
- pokud vypočítaná hodnota Y_i leží v intervalu $<2; 3$) potom těmto hodnotám IKČO přiřadíme hodnotu **tři** – tj. třetí úroveň s názvem **Mírně znečištěné ovzduší – zdravotně přijatelné ovzduší**, v barevné škále přiřazena matně žlutá barva.
- pokud vypočítání hodnota Y_i leží v intervalu $<3; 4$), pak těmto hodnotám IKČO přidělíme hodnotu **čtyři**, tzv. čtvrtá úroveň se slovním popisem **Znečištěné ovzduší – ovzduší ohrožující citlivé osoby**, barevně vyjádřeno matně okrovou barvou,
- pokud vypočítaná hodnota Y_i leží v intervalu $<4; 5$), pak těmto hodnotám přiřadíme IKČO přiřadíme hodnotu **pět**, tj. pátá úroveň s názvem **Silně znečištěné ovzduší – ovzduší ohrožující celou populaci**, barevně přiřazení matně červená barva,
- pokud vypočítaná hodnota Y_i leží v intervalu $<5; 6$), pak těmto hodnotám IKČO přidělíme hodnotu **šest**, tj. šestá úroveň IKČO s názvem **Velmi silně znečištěné ovzduší – ovzduší zdraví škodlivé**, tomuto znečištění je přiřazována karmínová barva.

VÝSLEDKY A DISKUSE

1. Některé klimatické faktory území města Brna

Brno leží na jihovýchodních svazích Brněnské vrchoviny, Moravského krasu a jeho jižní část již přechází do roviny výběžků Dyjskosvrateckého úvalu. Na západ od Brna leží Českomoravská vrchovina, která stojí v cestě severozápadním a západním větřům, které obecně převládají. Značná část Brna má

zvlněný reliéf, který hraje důležitou roli v procesu vytváření místního klimatu.

Zvláště důležitou úlohu hraje v uzavřených údolích a kotlinách, kde má nepříznivý vliv na tvorbu teplotních inverzí a mlh. Otevřená široká údolí přecházejí na jihu v rovinu, která navazuje na bývalé okresy Břeclav a Znojmo.

Průměrná roční teplota vzduchu se pohybuje (měřeno na několika stanicích ve městě) v rozmezí 8,7 až 9,9 °C (Schönstein, Schörner; 1996), přičemž pro Brno se uvádí jako normálová hodnota 8,7 °C (Brno-Tuřany za období 1961–1990). Průměrná teplota nejchladnějšího měsíce v roce v lednu je –2,5 °C a nejteplejším měsícem v roce je červenec s teplotou +18,5 °C. Roční srážkový úhrn je 490,1 (Brno-Tuřany – normálová hodnota uváděná pro Brno). Srážky hrají významnou roli při vymývání atmosféry a jejich pevná i kapalná frakce má nezastupitelnou roli při regeneraci přízemní vrstvy atmosféry, což se ale negativně projevuje na jejich kvalitě a chemismu.

Směr a rychlost větrů jsou dominujícími meteorologickými charakteristikami, které mají rozhodující podíl na stabilitě přízemní vrstvy atmosféry a na transportu cizorodých látek obsažených v troposféře. Podílí se na difuzi lokálního měřítka i na transportu škodlivin globálního charakteru. Z větrné růžice pro lokalitu Brno (Schönstein, Schörner; 1996) je patrné, že převládající proudění přichází ze severozápadního směru (17,25 %). Celkově ze severozápadního kvadrantu dochází k přísunu 33,5 % vzduchových hmot. Druhým převládajícím směrem je proudění z východní hemisféry, odkud vane 32,1 %, přičemž ze severovýchodu je to 11,07 %. Bezvětří je zastoupeno 17,05 % a je obdobím, kdy dochází k výraznému zhoršení rozptylových podmínek ve městě (Schönstein, Schörner; 1996).

2. Popis stanoviště a použitá měřicí zařízení

Automatický imisní monitoring v městě Brně probíhá na třech na sobě nezávislých úrovních:

- První měřicí síť obhospodařuje ČHMÚ.
- Druhou síť Hygienická služba.
- Třetí síť pro Magistrát města Brna provozuje firma ECOTECHNIEK, s.r.o. Monitorovací zařízení – měřicí kontejnery magistrátní sítě jsou umístěny na dopravně exponovaných místech v intravilánu Brna. Jedno z těchto stanovišť se nachází v objektu Botanické zahrady a arboreta Mendelovy zemědělské a lesnické univerzity v Brně. Kontejner je umístěn prakticky v prostoru dopravní křižovatky ulic Lesnická – Provazníková. Další kontejnery jsou umístěny v prostoru UAN Zvonařka, v prostoru Staré osady, v objektu SZTŠ Brno – Lány a na křižovatce Kounicova – Kotlářská.

Měřicí kontejner je vybaven analyzátory pro měření obsahu SO_2 , NO a NO_2 (z nichž se vyhodnocují NO_x) CO a polétavého prachu (VEREWA). Od roku 2000 jsou některé kontejnery též vybaveny analyzátory O_3 . Doplnkovou výbavu kontejneru tvoří snímače teploty a relativní vlhkosti vzduchu – snímač HMP 35 D (finské firmy Vaisala) a snímač pro měření rychlosti a směru větru (Wind Monitor typ 05 103-5 americké firmy Young). Naměřené údaje se ukládají v dataloggeru (ESC 8800) a současně jsou pomocí směrového vysílače transportovány do zpracovatelského centra na Kounicovu ulici (sídlo odboru ochrany životního prostředí, resp. sídlo firmy Ecotechniek, s.r.o.) Pro hodnocení byla použita naměřená data za období 1996 až 2003. Monitorovací jednotka je do jisté míry kompatibilní se systémem ČHMÚ. Kromě pevných stanic má Magistrát města Brna k dispozici jedno měřicí vozidlo vybavené stejnými analyzátory jako stabilní kontejnery. V roce 2004 došlo k propojení měřicí sítě ČHMÚ a Magistrátu města Brna u několika stanic.

Pod pojmem celkové synoptické situace rozumíme rozložení vzduchových hmot, atmosférických frontálních cyklon, anticyklon a jiných synoptických objektů, které určují ráz počasí nad určitou velkou geografickou oblastí (Kolektiv autorů, 1993).

Hodnocení IKČO (pro dny s hodnotami IKČO vyššími než 2,00) v bezprostřední blízkosti dopravní křižovatky Lesnická – Provazníková, měřeno v areálu Botanické zahrady a arboreta Mendelovy zemědělské a lesnické univerzity v Brně (BZA):

Rok 1996 – z 366 dnů bylo vybráno 22 dnů s hodnotou IKČO vyšší než 2,00 – do první skupiny typů (střed tlakové výše atd.) můžeme zařadit 21 dnů, do skupiny třetí (vliv frontálního systému) jeden den.

Rok 1997 – v 7 případech první případ a jednou druhý, zbývajících 5 dnů nespecifikováno.

Rok 1998 – všechny dny (6 dnů) z první varianty ovlivnění synoptickou situací.

Rok 1999 – nevyskytl se žádný den s IKČO vyšší než 2,00.

Rok 2000 – 1 den (není zařazen do výše zmíněných situací, ale vliv výše zmíněné cyklonální situace jihozápadní cyklona).

Rok 2001 – 6 dnů (dva z první skupiny, 21. 1. vliv doznívání jihovýchodní tlakové výše).

Rok 2002 – 2 dny (oba z první skupiny).

Rok 2003 – 5 dnů (tři z první skupiny, 3. 3 a 12. 12. doznívání vlivu jihovýchodní anticyklony).

Rok	IKČO 2,00	Skupina SYS				Dny I-III
	počet dnů	I	II	III	jiné	%
1996	22	21	0	1	0	100
1997	7	1	1	0	5	28
1998	6	6	0	0	0	100
1999	0	0	0	0	0	
2000	1	0	0	0	1	0
2001	6	2 (1)	0	0	3	34 (51)
2002	2	2	0	0	0	100
2003	5	3 (2)	0	0	0	60 (100)

U skupiny synoptických situací (SYS) jsou v závorce uvedeny počty s předpokládaným dozníváním předchozích synoptických situací, majících vliv na zhoršené rozptylové podmínky a tedy na vyšší hodnoty IKČO.

Hodnocení IKČO (pro dny s hodnotami IKČO vyššími než 2,00) v prostoru křižovatky Kounicova – Kotlářská (měřicí kontejner je umístěn v areálu přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity v Brně):

Rok 1996 – 13 dnů (čtyři z první skupiny, ale 19. 1. a 20. 11., 3. a 10. 10. po jihovýchodní anticykloně, 30. 12. a 31. 12. po východní anticykloně).

Rok 1997 – 40 dnů (čtrnáctkrát typ první, ale většina ostatních po delším trvání anticyklonálních situací – 1. a 2. 1. po východní anticykloně, 28. 1. po putující anticykloně, 4. 2. a 5. 2. po putující anticykloně, 11. 2. po východní anticykloně, 13. 3. a 14. 3. po anticykloně nad střední Evropou., 3. 11. po východní anticykloně).

Rok 1998 – 28 dnů (devět dní ze skupiny jedna a 15. 1. + 16. 1. po pěti dnech anticyklony se středem nad střední Evropou, 1. a 2. 4. po anticykloně se středem nad střední Evropou, podobně 13. 5. po jihovýchodní anticykloně, resp. 7. 6. po jižní anticykloně).

Rok 1999 – 9 dnů (šest dnů z první skupiny).

Rok 2000 – 18 dnů (osm dnů z první skupiny – 4. 1., 5. 1. a 6. 1. po putující anticyklině, 10. 1. po jihozápadní anticykloně).

Rok 2001 – 13 dnů – pět dnů (dny 10. až 12. 12. lze přičíst setrvání stavu východní anticyklony v předchozích dnech).

Rok 2002 – 28 dnů (dvanáct dnů z první skupiny, 7. 1. doznívání severovýchodní anticyklony, 7. 2. vliv předchozí jihozápadní anticyklony, 18. 11. vliv jižní anticyklony 11. 12. a 18. a 19. 12. vliv výše zmíněné cyklonální situace jihozápadní cyklony, 21. 12. vliv putující anticyklony).

Rok 2003 – 24 dnů (třináct dnů z první skupiny, 23. a 24. 1. vliv jihozápadní anticyklony, 31. 1. vliv putující anticyklony, 7. 3. vliv předchozí jihovýchodní anticyklony).

Na vyšších hodnotách IKČO se prakticky ve všech dnech hodnocených roků podílelo výrazné překročení nejvyšších přípustných koncentrací u NO_x , polévatého prachu a vyšší hodnoty CO. V těchto dnech vyšší hodnota IKČO vyskytla za výše zmíněných synoptických situací, přičemž jako dominantní se jeví vliv anticyklonálního charakteru počasí.

Rok	IKČO 2,00	Skupina SYS				Dny I-III
	počet dnů	I	II	III	jiné	%
1996	13	4 (6)	0	0	3	30 (77)
1997	40	14 (9)	0	0	17	35 (58)
1998	28	9 (6)	0	0	13	32 (64)
1999	9	6	0	0	3	66
2000	18	8 (4)	0	0	6	44 (66)
2001	13	5 (2)	0	0	6	38 (54)
2002	28	12 (7)	0	0	9	43 (68)
2003	24	13 (4)	0	0	7	53 (70)

Vyšší počet dnů s vyššími hodnotami IKČO v prostoru křižovatky Kounicova – Kotlářská oproti hodnotám v areálu BZA je pravděpodobně způsoben vyšší dopravní zátěží této křižovatky, stavebním uspořádáním křižovatky, umístěním analyzátorů v bezprostřední blízkosti křižovatky a charakterem (výškou, umístěním atd.) budov v blízkosti křižovatky.

Podle ústních informací pracovníků leteckých meteorologických stanic jeden typ synoptické situace vydrží 5,5 dne (statisticky prokázáno).

Při změně z typu situace anticyklonální na cyklonální se tato změna projeví napřed ve vyšších vrstvách atmosféry a teprve potom většinou dojde ke změnám charakteru počasí i v nižších vrstvách. Katalog synoptických situací je zpracován pro Prahu a její okolí. Z toho plyne: pokud přichází změna od východu, projeví se v Brně (a okolí) asi o den dříve a naopak, pokud přichází změna od západu, dojde ke změně v Brně asi o jeden den později. Toto je

možno konstatovat dle osobních zkušeností synoptiků pracujících na leteckých meteorologických stanicích v Brně a v Praze, ale také na ostatních stanicích ČHMU v Čechách, na Moravě a ve Slezsku. Situace typu jihozápadního proudění se v Brně výrazně neprojevují a spíše převládá vliv předchozího stavu (dá se tak vysvětlit setrvávající stav znečištění ve dnech 10. 12. 2001, 12. 12. a 13. 12. 2002 resp. 17. 2. 2002, protože se takřka neprojevuje vliv proudění vzduchu.

Pokud se vyskytly dny s vyšší hodnotou IKČO a nedají se přičíst vlivu synoptické situace, jedná se pravděpodobně o působení například vyšší hustoty dopravy, vlivu stavebních prací v prostoru křižovatky Kotlářská – Kounicova, vlivu kotelny z areálu Univerzity obrany v Brně umístěné v blízkosti křižovatky Provazníková – Lesnická atd. Tyto vlivy nelze jednoznačně vyhodnotit z hlediska proudění vzduchu vzhledem k nevhodně umístěným snímačům směru větru na obou měřicích stanovištích.

SOUHRN

Jak vyplývá z údajů naměřených na obou stanovištích (resp. z obou tabulek), nejčastěji se vyskytující zhoršení IKČO projevilo při výskytu všech typů anticyklonálních synoptických situací. Toto konstatování je umocněno v tom případě, že bereme v úvahu možnost předcházejících nebo následujících dnů s posunem tohoto vlivu podle výše zmíněných údajů (čísla v závorce v obou tabulkách). V ostatních případech výskytu vyšších hodnot IKČO se toto zvýšení nedá přičíst vlivu synoptické situace a souvisí pravděpodobně s jinými vlivy.

synoptická situace, doprava, měřicí zařízení, index kvality čistoty ovzduší

Práce vznikla za podpory Fondu rozvoje vysokých škol, č. F4 0214, 2000. Z grantových prostředků byl zakoupen analyzátor O3.

LITERATURA

- BRÁDKA, J. a kol.: Počasí na území Čech a Moravy v typických povětrnostních situacích. 1. vyd. Praha: HMÚ Praha, 1961, 31 s.
- DIERNER, V. a kol.: Ochrana životního prostředí. 1. vydání Praha: MŽP a VŠB-TU Ostrava, 1997, 333 s.
<http://www.chmi.cz/meteo/om/mk/typps03.html>
- Kolektiv autorů: Meteorologický slovník výkladový terminologický. Academia. MŽP ČR. Praha 1993, 594 s.
- KURFÜRTST, J.: Zdroje znečištění ovzduší. 1. vydání Praha: MLVH ČSR, 1982, 152 s.
- Meteorologický slovník výkladový terminologický Academia Praha 1993, 594 s.
- SCHÖNSTEIN, R., SCHÖRNER, G.: Ekologická a energetická analýza jižní Moravy. Závěrečná zpráva posudku „Ekologická a energetická analýza jižní Moravy. Wien - Brno: Magistrát města Brna a Österreichische Kommunalkredit, 1996.

Adresa

Ing. Jan Svoboda, CSc., Ústav agrosystémů a bioklimatologie, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika, e-mail: svobodaj@mendelu.cz.