

Évaluation de l'efficacité économique des constructions routières et leur maintenance des constructions routières et autoroutières à l'aide de HDM 4 en République Tchèque

Ing. Vratislav Škvor, PRAGOPROJEKT, plc, Prague, e-mail :skvorv@pragoprojekt.cz

Ing. Martina Kopalová PRAGOPROJEKT, plc, Prague, e-mail :skvorv@pragoprojekt.cz

Ing. Pavel Borovička; PRAGOPROJEKT, plc, Prague, e-mail :skvorv@pragoprojekt.cz

Abstract

Nous faisons l'évaluation de l'efficacité économique des constructions routières et leur maintenance en République Tchèque depuis plus de 30 ans, d'abord par des méthodes plus simples, élaborées en République Tchèque, qui étaient fondées aussi sur le flux de travail des coûts de l'investisseur et sur les économies des utilisateurs des routes.

Depuis le commencement de la distribution du nouveau système HDM 4 en 2000, nous utilisons ce système. Nous voyons les raisons qui nous ont menés à l'abandon du système national dans le fait que le système HDM 4 évalue la problématique de l'efficacité économique dans la plus grande portée. Pendant les négociations sur le financement des constructions avec les banques et institutions gouvernementales (par ex. Ministère des Finances, Ministère de transport et des communications), il n'est pas nécessaire d'expliquer le système en détails (ce qui est le cas de la méthode nationale). En considération de la densité du réseau routier et des besoins financiers pour son développement et renouvellement, il n'est pas possible définir sérieusement les priorités des constructions sans l'évaluation.

Nous avons fait, dans la première phase, le calibrage des données d'entrée et, puis, jusqu'aujourd'hui, nous avons évalué 35 constructions routières et autoroutières qui étaient payées pour la plupart du budget d'État en coopération de la Banque européenne d'investissement (EIB). Pendant le travail de calibrage, nous avons avancé selon les instructions du programme et nous avons défini les entrées de longue durée, c'est à dire le taux d'escompte, le matériel roulant, la valeur du temps, les accidents, la maintenance. Nous définissons les autres entrées pour chaque projets.

Le taux d'escompte était définie au regard du milieu financier en République Tchèque et proposé selon le taux d'intérêt de l' emission des obligations en République Tchèque à longue échéance et il représente environ 7 %.

Le matériel roulant compte beaucoup de types de véhicules. Chaque type de véhicule représente une classe des véhicules au file de transport. La détermination et le choix des représentants du matériel roulant sont basés sur les données statistiques du registre des voitures qui était administré par la police de la République Tchèque. Le choix était effectué de 16 sortes des véhicules les plus exploités et les plus vendus. Pour le modèle, on a choisi 5 catégories de véhicules représentants – voitures, camions (jusqu'à 3,5t et jusqu'à 18t), poids lourds (semi-remorques) et autobus.

Pour la définition de la valeur du temps nous avons suivi la méthode HDM-4.

Pendant la comparaison des résultats avec la valeur du temps dérivée du salaire

moyenne en République Tchèque on n'a pas trouvé une dérogation importante. À l'heure actuelle, la valeur du temps est dérivée du salaire moyen en République Tchèque, actualisé chaque année et comparé avec la méthode HDM-4.

L'évaluation des accidents est basée sur les données statistiques sur les accidents administrés et constamment complétées par la Police tchèque. Dans cette statistique il y a tous les accidents où la valeur de l'endommagement est plus grande de 20 000 Kč. Les accidents moins importants qui ne sont pas enquêtés par la police sont enregistrés aux maisons d'assurance. L'évaluation des accidents est faite à la base de la comparaison des prix constatés par la police (estimations), maisons d'assurance et services, évaluation des conséquences des blessures, des frais du traitement médical, du manque à gagner, des conséquences durables des accidents. À la base de mesurage statistique national de longue durée des conditions climatiques en République Tchèque, les valeurs demandées de différentes régions pour caractériser le clima de la République Tchèque sont définies.

Les données de transport sont basées sur le recensement national de transport sur le réseau routier tchèque, à la base de cela on caractérise le courant de transport pour les besoins de la configuration HDM-4.

En outre des accès mentionnée ci-dessus, on complète chaque projet par d'autres données :

- études techniques, y compris cartes géographiques
- données de transport, pronostic du transport
- recherches locales de transport (composition du courant de transport, occupation des voitures, lot de véhicules étrangères),
- données sur les accidents,
- données sur les perturbations des chaussées, description des routes, le processus de la maintenance,
- exploration de l'état actuel du réseau routier influencé, y compris la documentation photographique,
- définition des frais d'investissement, y compris la durée de la construction.

A la fin, on parle des résultats de deux évaluations.

1. Introduction

Évaluation de l'efficacité économique des constructions routières et leur maintenance que nous faisons en République Tchèque depuis plus de 30 ans est très coûteuse. Les dernières années, l'évaluation était faite par des méthodes plus simples, élaborées en République Tchèque ou à l'étranger (Ekotra, HDM 3). Ainsi que la méthode actuelle, les anciennes méthodes étaient fondées sur le flux de travail des coûts de l'investisseur et les économies des utilisateurs des routes, mais la portée des calculs était moins grande.

2. Généralement

Après le commencement de la distribution du nouveau système HDM 4, y compris le logiciel, nous avons acheté en 2000 quatre licences que nous utilisons depuis ce temps-là.

Nous voyons les raisons qui nous ont menés à l'achat de ce système et à l'abandon du système national dans le fait que le système HDM 4 évalue la problématique de l'efficacité économique dans la plus grande portée. Un autre avantage du système est que, pendant les négociations sur le financement du projet avec les banques et institutions gouvernementales (par ex. Ministère des Finances, Ministère de transport et des communications), il n'est pas nécessaire d'expliquer le système en détails (ce qui est le cas de la méthode nationale).

Le modèle HDM 4 est utilisé dans le monde entier – dans les pays développés et moins développés aussi - pour la planification de la construction et reconstruction du réseau routier. Alors en République Tchèque, ce système est utilisé aussi, surtout en considération de la densité du réseau routier et des besoins financiers pour son développement et renouvellement.

3. Le modèle HDM-4 en conditions de la République Tchèque

Avant le commencement du travail avec la méthode HDM 4, nous avons fait, dans la première phase, le calibrage détaillé nécessaire des données d'entrée et, puis, jusqu'aujourd'hui, nous avons évalué 35 constructions routières et autoroutières qui étaient payées pour la plupart du budget d'État en coopération de la Banque européenne d'investissement (EIB).

Pour que le système fonctionne dans le milieu national, jauger les données d'entrée était le plus difficile. Pendant ce travail, nous avons avancé selon les instructions du programme, comme le montre le tableau.

	SW HDM 4		
Matériel roulant	Valeur du temps	Accidents	Maintenance des routes
- se procurer du registre du matériel roulant et l'évaluer	- temps du travail	- accidents mortels	- Banque routière (collecte des données sur les dérangements des chaussées)
- registre des véhicules assurés (garantie obligatoire)	- temps libre	- accidents avec blessures	- calibrage, évolution des dérangements, histoire
- registre des ventes		- accidents avec l'endommagement matériel	- sorte des réparations
- évaluation des registres		- évaluation de l'ensemble	- évaluation
- prix des véhicules			
- choix des représentants			

4. Ajustement du milieu de travail de HDM-4 aux conditions de la République Tchèque

4.1 Taux d'escompte

Le taux d'escompte était examiné à l'aspect que l'argent investi aux routes ait la rentabilité adéquate qui sera intéressante pour les investisseurs, c'est à dire comme la compensation minimale de subir le risque d'investissement. Au regard de ce facteur, on a évalué le milieu financier total en République Tchèque.

Le taux d'escompte était proposé selon le taux d'intérêt de l'émission des obligations en République Tchèque à longue échéance (15 ans) et représente environ 7 %.

4.2 Le matériel roulant

L'administrateur offre des fonctions pour mémorisation et traitement des paramètres des véhicules, dont on a besoin pour le calcul de la vitesse des véhicules, leurs frais d'exploitation et d'autres conséquences. Les données sur les motos et sur le transport pas motorisé y sont comprises.

Le matériel roulant compte beaucoup de types de véhicules. Chaque type de véhicule représente une classe des véhicules au file de transport (par exemple voiture, camion, poids lourds etc.).

4.2.1 Registre des voitures

La détermination et le choix des représentants du matériel roulant sont basés sur les données statistiques du registre des voitures qui était administré par la police de la République Tchèque et maintenant, suivant la loi, par les autorités locales et des registres des maisons d'assurance (garantie obligatoire). En outre des données statistiques, nous avons fait notre propre étude concernant la vente des voitures (types, marques), leurs prix et le prix des pièces détachées, du travail aux services, la multiplicité de leur utilisation.

À la base de ces données, nous sommes arrivés aux résultats suivants:

Les ensembles des données de base sont évalués à la date du 1^{er} janvier 2000. Dans les années suivantes jusqu'aujourd'hui, nous faisons de petites corrections au regard du développement du marché des voitures. Selon nos constatations la vente un peu stagne, mais il y a la tendance croissante à l'achat de petites voitures.

Le tableau numéro..... montre le nombre des véhicules selon leurs sorte et cathégorie le 1. 1. 1999 et le 1. 1. 2000. Le nombre total des véhicules le 1. 1. 2000 était 5 497 354 et on a constaté une petite diminution de 3,2%. À l'heure actuelle les nombres des véhicules se sont équilibrés.

Le nombre des voitures était 3 431 412, ce qui représente la diminution de 1,5% (élimination des voitures d'occasion etc.).

Au contraire, le nombre des camions et poids lourds a grandi (144 277 – 112,5%), de même que le nombre des remorques (45 607 – 123,0%).

La croissance des camions, poids lourds avec remorques a des conséquences négatives sur l'usure montante des chaussées.

En relation aux chiffres mentionnés, le degré moyen de la motorisation est:

$$\text{au total} = 10\,500 / 5\,497\,354 = 1,91$$

$$\text{voitures particulières} = 10\,500 / 3\,431\,412 = 3,06$$

Le registre des voitures détaillé a été analysé pour savoir quels types de véhicules et de quels producteurs sont utilisés sur nos routes. En ce qui concerne des voitures, environ 52,77 % sont différents types de Škoda, dont le plus fréquent était la Škoda 120. Au regard de l'échange rapide du matériel roulant, le type S 120 était remplacé par des Felicia et Oktavia. Le matériel roulant compte aussi des voitures des producteurs étrangers avec des paramètres et catégories similaires. La situation des camions et poids lourds est un peu différente, où parmi les camions (petits et moyens) les plus fréquents sont pour presque 50% des véhicules produits chez nous, parmi les poids lourds dominant ceux de l'étranger. La situation des bus est encore plus marquante, car la plupart du matériel provient de la production tchèque.

Pendant les années la situation change, mais les changements ne sont pas si grands pour changer aussi les véhicules représentatifs (analyse détaillée est visible sur les tableaux qu'on peut consulter auprès de l'auteur).

Les autres sources parlant des registres ou de l'utilisation des véhicules montrent les résultats similaires, mais en ce qui concerne le nombre, elles ne sont pas complètes. Après la contrôle des registres des véhicules qui est en train de se faire et qui sera fini en République Tchèque en 2004, on va faire la révision.

Les sondages d'orientation de la composition du courant de transport en ce qui concerne la quantité des sortes d'automobiles ont confirmé notre choix définitif des véhicules représentatifs, ce qui est montré dans le tableau dans le chapitre suivant.

4.2.2 Les types des véhicules représentatifs choisis

Le choix a été fait de 16 sortes des véhicules les plus exploités et les plus vendus. Pour le modèle, on a choisi 5 catégories de véhicules représentatifs – voitures, camions (jusqu'à 3,5t et jusqu'à 18t), poids lourds (semi-remorques) et autobus. Ces 5 types de véhicules correspondent aussi à la manière du recensement régulier de trafic qui a lieu dans le pays entier tous les 5 ans.

Pour chaque catégorie, on a choisi un véhicule qui est à l'heure actuelle le plus fréquent en utilisation, vente ou vente de ses pièces détachées. Les types choisis représentent la catégorie par leurs paramètres techniques et par l'estimation à l'unité de leurs réparations, pièces détachées, consommation etc. Tous les paramètres d'entrée ont été vérifiés par le sondage auprès des services et vendeurs.

Sortes de véhicules	
Catégorie	Représentant
Voiture	Škoda Octavia 1.6 GLX
Petit camion (< 3,5t)	Lublin 3584 3,5t

Camion moyen (< 18t)	Škoda Liaz 18.23 PB
Poids lourds – semi-remorques (40t)	Man 18.410 FLT + Kögel SNCO 24 P 170
Autobus	Karosa bus B 941

4.3 Valeur du temps

Pour la définition de la valeur du temps comme une des entrées économiques les plus importantes pour HDM-4, nous avons coopéré avec la firme CityPlan s.a. qui a élaboré une étude sur les différents accès et méthodes de la définition de la valeur du temps et elle a fait aussi le calcul concret suivant la méthode HDM-4. Pendant la comparaison des résultats avec la valeur du temps dérivée du salaire moyenne en République Tchèque on n'a pas trouvé une dérogation importante. À l'heure actuelle, la valeur du temps est dérivée du salaire moyen en République Tchèque, actualisé chaque année et comparé avec la méthode HDM-4.

Le temps passé en voyage a une valeur économique correspondant à la valeur de l'exploitation du temps par une autre activité. Pour le temps de travail, cette valeur correspond au salaire moyen d'un individu qui est suivi aussi pour les catégories différentes de travail (par ex. les conducteurs etc.). Selon la pratique générale, la valeur du temps libre est aussi équivalente au salaire individuel et représente 20-25 % du salaire. On suppose que le lot du temps passé en voyageant pendant le temps de travail représente 20 % du temps total passé en voyage. En faisant la moyenne pondérée des valeurs nous recevrons le résultat définitif de la valeur du temps.

Dans les cas de projet dans les régions près de frontières, la valeur du temps est corrigée en dépendance du lot des véhicules étrangers dans le courant de transport (selon le recensement d'État complété par le recensement local) et de la valeur du temps dans le pays voisin. Nous avons des expériences avec le travail sur les études dans les régions voisines de l'Allemagne, où nous utilisons la valeur du temps des utilisateurs étrangers désignée directement à l'usage dans les analyses économiques.

Le montant de la valeur du temps rentre comme élément important dans le procès de la décision du montant du péage et prédéfinit la mesure d'obligance des conducteurs à payer l'utilisation des autoroutes.

Calcul de la valeur du temps

Nationalité	valeur du temps de travail [Kč]	valeur du temps hors travail [Kč]	lot du temps de travail [%]	lot du temps hors travail [%]	frais pondérés sur le temps de voyage	lot des véhicules étrangers et nationaux [%]
Tchèques	75	19	20	80	26,8	59 %
Étrangers	695	191	20	80	294,8	41 %

Moyenne	329	90				100 %
---------	-----	----	--	--	--	-------

Source: Données sur les salaires moyens du Ministère du travail et des affaires sociales, Ministère allemand du transport (2001)

Étude de la valeur du temps de City Plan (2000)

4.4 Fréquence des accidents

4.4.1 Généralement

La statistique des accidents est constamment complétée et administrée par la police de la République Tchèque à la base de l'accident enquêté, le rapport sur l'enquête finie est ajouté dans l'ensemble statistique. Dans cette statistique il y a tous les accidents où la valeur de l'endommagement est plus grande de 20 000 Kč. Les accidents moins importants qui ne sont pas enquêtés par la police sont enregistrés aux maisons d'assurance.

Dans le protocole sur l'accident il y a naturellement le lieu de l'accident, le temps, les blessures (légère, grave, mortelle) et le montant de l'endommagement.. Les données acquises sont transmises aussi , en outre de la statistique, dans la banque de routes pour faire partie de la description de la qualité de la route y compris ses parties dangereuses.

Pour le calibrage de base de cette donnée d'entrée, nous avons utilisé les sources mentionnées ci-dessus. La fréquence des accidents relative est définie à la base des accidents réels sur le réseau routier influencé. La fréquence des accidents relative pour de nouvelles routes est définie à la base de l'étude scientifique faite par la grande école polytechnique ČVUT Praha (Prof. Ing. František Lehovc, Csc., doc. Karlický).

4.4.2 Classification des accidents

Accidents avec l'endommagement matériel – sans blessures, seulement un petit endommagement du véhicule qui permet le transport sur sa propre axe.

Accidents avec blessure – blessures légères et graves, endommagement des véhicules plus grand, service médical, enlèvement par ambulance, service d'enlèvement de voitures nécessaires.

Accidents mortels - blessures mortelles, endommagement total ou destruction des véhicules. Assistance du premier secours, pompiers, service d'enlèvement de voitures.

4.4.3 Évaluation des accidents

Évaluation des accidents est faite à la base de la comparaison des prix constatés par la police (estimations), maisons d'assurance et services, évaluation

des conséquences des blessures, des frais du traitement médical, du manque à gagner, des conséquences durables des accidents.

Frais à unité aux pertes d'accidents	
Espèce de perte	Évaluation (en mil Kč)
Accident mortel	7 297
Blessure grave	2 620
Blessure légère	272

Source: Bulletin du Ministère de l'intérieur, fait par CDV (actualisation selon les données de 2002)

Évaluation de l'accident avec l'endommagement matériel est estimée à 59 000 Kč.

4.4. Conditions climatiques en République Tchèque

À la base de mesurage statistique national de longue durée des conditions climatiques en République Tchèque, les valeurs demandées de différentes régions pour caractériser le clima de la République Tchèque sont définies.

4.5. Données de transport

En République Tchèque, on effectue depuis de longues années le recensement national du transport sur le réseau routier tchèque, à la base de cela on caractérise le courant de transport pour les besoins de la configuration HDM-4. Selon le suivi de longue durée du développement du transport on fait faire pour chaque cas de projet la prévision nécessaire du développement du transport.

5. Définition et collecte des données d'entrée

Font partie des données d'entrée:

- études techniques, y compris cartes géographiques
- données de transport, pronostic du transport
- recherches locales de transport (composition du courant de transport, occupation des voitures, lot de véhicules étrangères),
- données sur les accidents,
- données sur les perturbations des chaussées, description des routes, le processus de la maintenance,
- exploration de l'état actuel du réseau routier influencé, y compris la documentation photographique,
- définition des frais d'investissement, y compris la durée de la construction.

5.1 Maintenance et réparations des routes

5.1.1 Maintenance et assurance de la circulation sur les routes

On part des frais des travaux effectués en 2000 jusqu'en 2003. Pour la maintenance au régime „Maintenance“, il s'agit de ces travaux:

- Maintenance d'hiver (selon espèce de la communication et du local il varie entre 28 – 130 000 Kč/km):
 - travail des chasse-neige, versement du matériel inerte, du sel, enlèvement des conséquences des marées blanches (rompis, congères, avalanches etc.).
- Autre maintenance :
 - enlèvement des perturbations après l'hiver (flaches, effondrements etc.), maintenance de la verdure – coupage, nettoyage de la chaussée etc.
 - réparations des chaussées représentent les réparations plus importantes en conséquence du nombre des perturbations et obstacles. Au regard de l'espèce et importance des perturbations, les sortes des réparations mentionnées dans le programme étaient complétées encore par des réparations effectuées couramment en République Tchèque. Toutes les perturbations ont été estimées en 2000 et sont valorisées au courant des années suivantes. La valorisation des réparations standard est montré par le tableau suivant.

Poste	Unité	Prix
Réparation des flaches	Kč/m ²	250,- Kč
Réparation des fissures	Kč/m ²	500,- Kč
Réconstruction de la surface de la chaussée (travail de fraise et renouvellement du revêtement 40mm)	Kč/m ²	245,- Kč
Réconstruction de la surface de la chaussée (travail de fraise et renouvellement du revêtement 100mm)	Kč/m ²	610,- Kč

En cas de la réparation continue, c'est à dire changement de du revêtement et de la couche du coffre de route, nous partons de la documentation détaillée du projet et de l'examen effectuée de la chaussée y compris la description détaillée des défauts. Cette documentation définit les frais d'investissement.

Les données mentionnées ci-dessus servent comme données d'entrée pour le programme.

6. Exemple des évaluations faites

6.1 Généralement

Les évaluations sont faites à la base des demandes de la ŘSD ČR (Direction des routes et autoroutes) qui dépend directement du Ministère de transport. Toutes les évaluations ont été effectuées pour les actions concrètes – analyse de projet - à la base de la documentation ouverte où on faisait le choix des variantes ou au besoin de la décision, si inclure le chantier demandé dans le programme de construction tout de suite ou pendant les années suivantes. On n'a pas fait des évaluations stratégiques (de longue durée) et de programme (de durée moyenne) au regard que la reconstruction et la construction des routes et autoroutes est en train de se dérouler à la base de la décision du gouvernement pour l'époque jusqu'à l'an 2010. À l'heure actuelle, on réfléchit l'exploitation d'autres modules HDM-4 (analyse de programme et stratégique) pour la précision et définition des priorités de la construction et reconstruction à la base économique.

Le réseau actuel des routes et autoroutes était introduit sur la carte dans l'introduction.

6.2 Examens économiques – compte rendu des résultats

Les examens économiques sont rangés dans le tableau suivant où nous sommes concentrés sur les données les plus importantes avec lesquelles nous travaillons. D'après les résultats, il est évident que l'opportunité de l'investissement dépend de la charge du transport et des frais d'investissement qui sont proportionnés à la catégorie demandée de la route ou autoroute. Les prétentions disproportionnées à la catégorie (2 voies, 4 voies), l'exigence de la solution de construction causent de hauts frais de construction et, en cas de la charge de transport assez basse, les routes ou autoroutes ne sont pas rentables. Les autres frais liés à la construction de la route sont aussi importants.

La comparaison de différents chantiers est montrée dans le tableau suivant. En comparant nous pouvons arriver aux décisions et priorités univoques.

6.3 Chantier I/7 Křimov – Hora Sv. Šebestiána

Les valeurs nominales de l'aboutissement de ce chantier n'étaient pas les plus convenables au point de vue de la comparaison simple de la charge de transport et des frais d'investissement. Le chantier évalué fait partie de la communication de transport entre les villes de Chomutov et de Chemnitz.

La reconstruction de toute la communication s'effectue successivement et était introduite dans le programme des constructions PHARE. Nous n'avons examiné que la partie où la route actuelle passe par la zone protectrice de la source d'eau pour 50 000 habitants de la ville de Chomutov et ses alentours. Pour assurer la protection des habitants et au regard des paramètres techniques inconvenables de la route actuelle, à l'heure actuelle, la traversée des poids lourds est défendue dans cette partie.

Pendant l'estimation, on compare la variante „zéro“, c'est à dire sans construction du déplacement de la route avec „variante proposée“, c'est à dire la route actuelle avec la construction du déplacement de la route qui ne passe pas par

la zone protectrice. L'estimation résultait un très bas pourcentage intérieur de rentabilité et l'actuelle valeur nominale négative et nette. Le résultat était influencé surtout par le fait que le nouveau tracé est plus long que l'actuel en conséquence drecul de la nouvelle communication de la zone protectrice de la source d'eau qui alimente toute la localité. Pour l'estimaion finale, nous avons calculé aussi l'apport (revenu générique) du point de vue de l'accident de voiture qui peut contaminer la source d'eau pour une longue durée. Après les négociations avec les repréesntants de PHARE, la construction était autorisée à la réalisation.

6.4 Chantier R4 – Čimelice – Mirovice

Il s'agit de la construction de la communication à 4 voies qui est estimée comme chantier indépendant de toute l'axe de la route R4 à l'importance internationale (Praha – Milín - Nová Hospoda – Strakonice – Vimperk – Strážný – frontières allemandes).

Nous avons comparé deux variantes - courte et longue. On a recommandé le tracé qui est plus long que l'actuel au regard des conclusions de l'étude EIA et pour conserver la campagne. La réalisation du chantier améliorera la communication avec la région de Budějovice, diminuera l'influence négative du transport sur les communes et on atteindra le revenu générique comme apport économique au bénéfice de l'environnement et la conservation des traits de la région de la localité touchée. Au regard des résultats économiques atteints, le projet était recommandé à la réalisation à l'époque proposée.

7. Conclusion

Les résultats des évaluations économiques effectuées des investissements préparés nous mènent à conclure que la méthode HDM-4 est, en conditions tchèques, convenable pour l'estimation de la convenabilité économique des investissements et utilisable, parce qu'elle aboutit aux résultats qui, malgré la dispersion possible des valeurs nominales, ont leur logique et nous fournit des arguments contre les autorités publiques pendant l'argumentation des investissements. Mais elle demande la connaissance parfaite de la problématique estimée et surtout la préparation des données d'entrée exigeante du temps et de qualité.