

**XXIIe CONGRÈS MONDIAL DE LA ROUTE
DURBAN 2003**

**RAPPORT NATIONAL
DE LA RÉPUBLIQUE SLOVAQUE**

SÉANCE D'ORIENTATION STRATÉGIQUE TS1
*Des niveaux de service et des innovations
pour répondre aux attentes des usagers*

IVAN GSCHWENDT

Professeur, DrSc,

Faculté de Génie Civil,

Université Technique Slovaque a Bratislava, République Slovaque

JÁN ČELKO

Professeur, PhDr,

Faculté de Génie Civil,

Université Technique de Žilina, République Slovaque

JÁN ŠEDIVÝ

Ing., PhDr,

Directorat des routes de la Slovaquie,

Bratislava, République Slovaque

SOMMAIRE

A Indicateurs de qualité de service

- A1 Résistance au dérapage
- A2 Dégradation de la chaussée
- A3 Déformation de la surface

B Déformation de la surface - profondeurs des ornières

- B1 Calcul de la déformation permanente d'une chaussée souple
- B2 Calcul de la déformation permanente d'une chaussée semi-rigide

RESUME

Le système de gestion des chaussées est un des éléments importants d'administration routière, spécialement en s'orientant vers la qualité de service, ayant le but de préserver son niveau pour les utilisateurs.

Les expériences avec l'aménagement et l'application du système de gestion des chaussées montrent, qu'il est nécessaire de différencier les dispositifs diagnostiques utilisés pour définir les paramètres de qualité de service des chaussées, pour évaluer l'état du réseau routier ou servant comme base pour le projet de reconstruction d'une section de la chaussée. Un nombre de dispositifs et mécanismes efficaces est disponible pour mesurer les paramètres de qualité de la chaussée. Des critères d'évaluation du niveau de qualité de réalisation ont été définis, soulignant l'aspect de la sécurité routière. La comparaison d'évaluation de l'état des chaussées en bitume des autoroutes et des routes à grande circulation montre, que les ornières et les irrégularités longitudinales se trouvent sur les autoroutes que rarement et seulement 0.5% de leurs longueur est dans un état critique, mais sur les routes c'est le cas dans 1.9% de longueur totale.

La planification de renouvellement des chaussées en bitume est basée sur des résultats de solutions théorétiques et des calculs de déformations permanentes des chaussées en bitume, qui, du point de vue mécanique, se partagent en chaussées souples et chaussées semi-rigides. D'après la déformation permanente la profondeur des ornières peut être déduite.

Le système de gestion des chaussées exige un perfectionnement permanent des dispositifs et techniques diagnostiques, mais aussi le contrôle de rigueur des critères utilisés pour évaluer l'état de la chaussée. Une évaluation agrégée des paramètres mesurés est de valeur supérieure.

A INDICATEURS DE QUALITE DE SERVICE

L'évaluation de la qualité d'une voie de communication ressorts de l'exigence principale de l'utilisateur – de la sécurité. L'utilisateur exige une qualité de la voie de communication, qui lui garantira une circulation routière rapide, sûre, ininterrompue et économique. Ces paramètres sont en même temps les indicateurs principaux de la qualité de service [1], déterminants la qualité de la voie routière du point de vue de son administrateur. Celle-ci est définie à l'aide de quatre caractéristiques de sa surface – rugosité, irrégularités longitudinales et transversales (profondeur des ornières) et de l'état de ruptures de surface.

Les paramètres principaux de qualité de service sont étroitement liés, avec l'exception de la rugosité, avec les paramètres de l'effectivité du service de la chaussée, qui définissent la capacité de résistance de la chaussée aux effets de la charge du trafic.

Une surveillance systématique des paramètres de l'état des chaussées en Slovaquie s'effectue depuis 1997, mais depuis 1993 des mesures indépendantes des déflexions des chaussées ont été établies.

Diagnostic des chaussées

Les mesures par les dispositifs divers, ainsi que le traitement et l'évaluation des données s'effectue dans le département de la Base de données routières de l'administration routière de la Slovaquie. Les mesures diagnostiques s'effectuent sur la totalité du réseau routier de la République Slovaque. Des règlements spécifiques ont été élaborés pour les mesures effectuées par des dispositifs divers et aussi pour le traitement des données.

A1 Résistance au dérapage

La rugosité est caractérisée par l'interaction de la surface avec le pneu et est exprimée par le coefficient de frottement transversal. L'élément crucial de l'interaction est la micro- et macrotecture. Une haute valeur de cet élément est désirable du point de vue de la force de frottement. En simplifiant on peut dire, que la microtexture fournit un haut niveau de frottement et la macrotecture est nécessaire pour un bon drainage de l'eau de surface.

Les méthodes élémentaires de mesure et d'évaluation de la résistance au dérapage de la chaussée sont celle de la pendule SRT et celle de mesure des micro-irrégularités par le test de hauteur ou profondeur au sable. Ces méthodes ne sont pas convenables pour un recueil de données en masse, puisqu'elles ont un caractère discret et aussi à cause des influences humaines. C'est pourquoi le développement menait aux dispositifs pour évaluer des longues sections de chaussées continuellement. En Slovaquie le SKIDDOMETER - un dispositif pour mesurer la rugosité est utilisé.

A1.1 L'évaluation de la résistance au dérapage

L'évaluation de la résistance au dérapage et la création des niveaux de classification est basée sur les critères bien connus. Puisque le SKIDDOMETER ne fait pas partie des normes slovaques, ces critères ont été déterminés à partir d'une analyse régressive. Dans cette analyse, les valeurs obtenues grâce à la pendule SRT et au mesure des micro-irrégularités par le test de hauteur ou profondeur au sable ont été incluses. Elles étaient recalculées par rapport à la vitesse de 80 km.h⁻¹, qui est un standard pour cette méthode.

La classification du niveau de dérapage est conçue en accord avec les demandes du Système de gestion des chaussées, mais seulement trois niveaux de classification sont utilisés. Par ailleurs, les autres paramètres sont classés dans un système de cinq niveaux. La classification des chaussées par rapport à la vitesse de mesurage de 80 km.h-1 ce trouve dans le tableau 1.

Tableau 1 - Classification de la résistance au dérapage

Évaluation	Vitesse de base $v_n \geq 80 \text{ kmh}^{-1}$	Vitesse de base $v_n < 80 \text{ kmh}^{-1}$
Chaussée inadéquat	$\text{Mu} < 0.53$	$\text{Mu} < 0.53$
Chaussée adéquat	$0.53 < \text{Mu} \leq 0.79$	$0.53 < \text{Mu} \leq 0.68$
Chaussée de bonne qualité	$\text{Mu} > 0.79$	$\text{Mu} > 0.68$

Il est parfois difficile d'assurer la vitesse de mesurage de 80 km.h-1. Pour ces cas la des expressions de conversion ont été élaborée pour des vitesses de 60 et 100 km. h⁻¹.

$$\text{Mu} (80) = 0.944 \times \text{Mu} (60)$$

$$\text{Mu} (80) = 1.007 \times \text{Mu} (100)$$

A1.3 Sections homogènes

Comme pour autres paramètres, le pas d'évaluation basique du niveau de dérapage est de 20 mètres. La valeur représentative pour la section mesurée est une moyenne de 20 mesures de un mètre. L'homogénéisation est basée sur une comparaison de valeurs voisines. La création d'une section homogène est limitée par une différence des valeurs inférieure a 20%. Cette limite a été définie d'après une comparaison de plusieurs méthodes statistiques, utilisées dans le processus d'homogénéisation. Cette approche a montré la meilleure adhérence a la demande de longueur minimale de la section du point de vue de remise en état.

A2 Dégradation de la chaussée

L'état de la chaussée s'évalue d'après l'étendue et le type de dégradations de la surface. Leurs enregistrements se font à l'aide du dispositif VideoCar, qui sert à des auscultations visuelles rapides et peut enregistrer une quantité limitée de groupes de dégradations directement dans la mémoire de l'ordinateur. Les travailleurs effectuent des auscultations détaillées de la voie de communication et notent les dégradations graphiquement dans des formulaires. Ceux-ci sont après transcrits dans la base de données du logiciel, qui effectue les évaluations et calculs statistiques. Puisque la majorité des chaussées en Slovaquie est en bitume, l'analyse suivante ne s'oriente qu'a ce type de chaussées.

A2.1 Auscultations visuelles détaillées

Dans la méthodique des auscultations détaillées on distingue 23 types de dégradations en dehors de l'agglomération et 9 types de dégradations dans l'agglomération.

Les types de dégradations de base ont été traités dans le Catalogue de dégradations et pour les besoins des évaluations de l'état de la surface de la chaussée, elles étaient classées dans quatre groupes de base:

1. dégradations, qui doivent être éliminées immédiatement : nids de poule, flaches,
2. dégradations de la surface de la chaussée : Rugosité abaissée (ressuage, polissage), désenrobage et désintégration de la surface
3. dégradations signalant des dégâts sur la construction de la chaussée : cassures, ornières, dégradation de surface et rupture de pente,
4. autres dégradations : mauvais état ou flambage de bande d'arrêt d'urgence, mauvais drainage de la chaussée, mauvaise terminaison de joint.

Ce classement de dégradations en quatre groupes a été élaboré pour une application des auscultations visuelles et sert à une distribution optimale des moyens financiers pour le renouvellement et réparation des routes. Le choix des sections ou un mesurage du portage de la chaussée doit être effectué et où il est nécessaire de proposer l'épaisseur de renforcement, ne s'effectue qu'à partir des calculs ou seulement les dégradations du troisième groupe, signalant un abaissement de portage, sont incluses. On estime que les dégradations du premier et deuxième groupe seront réparées immédiatement et donc elles ne sont pas incluses dans la sélection. Cette méthode d'évaluation s'appelle ÉVALUATION SELECTIVE.

Puisque les organisations administratives doivent connaître l'état réel de la route, et parfois ne peuvent évaluer celui-ci qu'à partir des auscultations visuelles, l'ÉVALUATION COMPLEXE prend en considération toutes les dégradations observées. C'est pourquoi le résultat d'une évaluation complexe montre toujours un état de la surface notamment inférieur à celui de l'évaluation sélective. L'évaluation complexe différencie les dégradations d'après leur importance en trois groupes :

- dégradations dangereuses - par exemple défauts d'uni et abaissements des exutoires,
- dégradations graves – ruptures, ornières, déformations, perte des caractéristiques de la surface, désintégration de la surface
- dégradations moins graves – bords de la chaussée casés, autres dégradations et reconstructions mal effectuées.

En évaluant les dégradations, leur superficie est prise en considération, c'est-à-dire du pourcentage de la surface totale dégradée et de leur influence sur la qualité de la chaussée en générale. On qualifie la chaussée par le degré de qualification 5 déjà cité le pourcentage des dégradations dangereuses atteint 15-20% de la surface de la chaussée. Puisque ce sont d'habitude des dégradations de petite superficie, leur coefficient d'importance dans les calculs est multiple par rapport à celui des autres. Les dégradations graves sont l'élément de base dans les calculs de cette méthodique et y entrent avec leur valeur réelle. Les dégradations moins graves n'ont pas d'influence directe sur la qualité de service de la chaussée, mais signalent un danger d'apparition de dégradations plus graves. C'est pourquoi leur coefficient d'importance est inférieur à 1.

L'évaluation de l'état de la surface de la chaussée s'effectue à l'aide du paramètre IPSV (Index de dégradation de la chaussée), dont les critères d'évaluation ont été élaborés indépendamment pour les catégories de routes suivantes :

- **Critère pour les autoroutes, routes express, routes à grande circulation :**

$$\text{IPSV} = 5,03 - 0,07 (P + O) - 1,53 z^2$$

- **Critère pour les routes secondaires :**

$$\text{IPSV} = 5,03 - 0,0625 (P + O) - 0,855 z^2$$

- **Critères pour les routes locales :**

$$\text{IPSV} = 5,03 - 0,0625 (P + O) - 0,19 z^2$$

Ou : IPSV – Index de dégradation de la chaussée,
P – superficie des dégradations en %,
O – superficie de réparations en %,
z – profondeur des ornières en cm.

Tableau 2. Critères d'évaluation de l'état de la surface de la chaussée d'après les résultats des auscultations visuelles détaillées

IPSV	Quantité de dégradations sur la section (%)	Degré de classification	Évaluation
5,03 – 4,00	0,00 - 16,00	1	Excellent état
3,99 – 3,00	16,01 – 32,00	2	Très bon état
2,99 – 2,00	32,01 – 48,00	3	Bon état
1,99 – 1,50	48,01 – 56,00	4	État inconvenant
< 1,50	> 56,00	5	État catastrophique

À l'exception de l'évaluation de l'état de la surface de la chaussée par l'index IPSV, il est aussi possible de le classer en se servant de la quantité de dégradations sur la section comme d'un paramètre spécifique. Les critères applicables aux deux méthodes se trouvent dans le Tableau 2.

A2.2 Évaluation d'après les résultats des mesures par le dispositif VideoCar

Pour évaluer l'état de dégradation de la surface de la chaussée par le dispositif Videocar, les dégâts sont classés dans six groupes agrégés. Ces dégradations agrégées reçoivent des chiffres codes, qui s'utilisent pendant l'inspection dans le terrain :

- **Fissure longitudinale – chiffre code 1** - c'est une fissure parallèle à l'axe de la chaussée. La raison de son apparition peut être causée par le portage insuffisant de la construction de la chaussée. Si les couches de la chaussée ne sont pas bien liées, la fissure longitudinale peut être combinée avec un faïençage. Les cassements du bord de la chaussée et les fissures longitudinales réparées appartiennent aussi dans ce groupe.
- **Fissure transversale – chiffre code 2** - D'habitude perpendiculaire à l'axe de la chaussée. C'est un résultat de la contraction de la chaussée, causée d'habitude par le changement de la température, soit une fissure reflex des couches de fondation cimentées, ou une combinaison de fissures reflex et de gel. Elles sont aussi évidées comme des dégradations.

- Dégradation de la surface – chiffre code 3 – ici appartient les fissures faïencées, en mosaïque et en bloque, dégradation totale de la surface. Ces dégradations sont caractéristiques par un réseau de fissures, d'abords très fines et peu visibles, qui s'élargissent peu à peu et résultent dans des petits défauts d'uni.
- Nids de poule – chiffre code 4 - Nids de poule dans la couche de roulement et dans les couches de liaison et de base. Elles sont créées par une perte de gravillons plus grands des couches du roulement due aux effets des roues des véhicules. Comme conséquence des effets de charge et des influences climatiques (eau de pluie, gelée), ces défauts peuvent s'approfondir jusqu'aux couches de liaison et de base.
- Déformation – chiffre code 5 - Dans ce groupe agrégé des défauts on classe les tôle ondulée, bourrelets, flaches, dépressions transversales, fluages et ornières.
- Remise en état locales – chiffre code 6 - Ce groupe agrégé contient toutes les reconstructions locales de la surface ou de la construction entière de la chaussée.
- Ornières longitudinales – chiffre code 7 - Grande ornière dans la direction de la circulation des véhicules.

Pendant des auscultations visuelles rapides, ces groupes agrégés sont enregistrés dans un ordinateur par chiffres codes respectives. Les dégradations sont enregistrées comme :

- dégradations linéaires
 - 1 fissure longitudinale
 - 7 ornière
- dégradation ponctuelle
 - 2 fissure transversale
 - 4 nid de poule
- dégradation superficielle
 - 3 dégradation de la couche de roulement
 - 5 déformation
 - 6 réparation locale

Les dégradations superficielles s'enregistrent comme linéaires, quand leurs largeurs sont dans le territoire d'une seule voie. Quand on enregistre une dégradation de largeur d'une voie, on n'évite que son début et fin. Si sa largeur est dans plusieurs voies, on l'évite par un double signe.

Comptes des superficies des dégradations :

- Les fissures transversales et longitudinales solitaires sont multipliées par la largeur d'un mètre, qui réponds à son influence sur la construction de la chaussée.
- Les dégradations superficielles (dégradations des couches de surface, déformations, reconstructions locales) sont définies par leurs débuts et fins (ainsi leurs longueurs sont précisées) et la largeur d'une voie ou de la chaussée entière leur est assignée. Puisqu'il est impossible d'enregistrer la largeur précisément, seulement la moitié de la superficie (fonction de la largeur de la voie) résultante est considérée dans les calculs,

- Les défauts d'uni sont classés en petits (superficie inférieure à 0.5 m²) et grands (superficie supérieure à 1 m²),
- Le pourcentage total de la surface des reconstructions et des dégradations est défini par un rapport vers la superficie totale de la section surveillée,
- Ornière – donnée informatif, qui n'est pas inclus dans les calculs qui font part des auscultations visuelles rapides.

Pour raisons de flexibilité et de précision des auscultations visuelles dans la Base de données routières, l'évaluation de l'état de la surface est classifiée en trois classes. Les critères d'évaluation sont indiqués dans le tableau 3.

Tableau 3 – Critères d'évaluation de l'état de la surface (pour autoroutes, routes express, routes)

Véhicule IPSV	Degré de classification	Évaluation
5,03 - 3,76	1	Excellent état
3,75 - 2,50	2	État satisfaisant
< 2,50	3	État non-satisfaisant

A3 Déformations de la surface

Les déformations longitudinales et transversales sont des paramètres importants de la qualité de service des chaussées, en notant que les déformations longitudinales causent la perte majeure de confort de circulation. En outre, les ornières en combinaison avec l'eau sont à l'origine de l'aquaplaning, qui abaisse brusquement la sécurité de circulation. Cette position influençait aussi la façon dont ces paramètres étaient évalués du point de vue de la qualité de service.

La déformation longitudinale est caractérisée par sa longueur et amplitude (profondeur). Le passage du véhicule par cette déformation résulte, en fonction de rapport de masse suspendue et non-suspendue, dans des oscillations et ainsi influence gravement le confort de circulation. Ce phénomène a été l'élément critique qui influençait la formulation des critères de qualité de service, basée sur l'évaluation des déformations longitudinales. Une certaine combinaison de longueur de déformation et de son amplitude peut aussi résulter dans un abaissement radical de pression de contact du avec la chaussée et ainsi ce contact peut aussi être complètement perdu.

L'évaluation des déformations longitudinales se réalise de deux façons : Pour des mesurages au dehors du Système de gestion des chaussées, un dispositif bi-masse est utilisé. Les déformations longitudinales sont évaluées d'après le paramètre de l'index d'irrégularité "C". Le Système de gestion des chaussées se sert du dispositif Profilograph, qui mesure l'image spatiale de la surface de la chaussée à l'aide d'un système de senseurs laser. Le paramètre d'évaluation de la déformation longitudinale est l'IRI (Indice international d'uni).

A3.1 Mesurage et évaluation des irrégularités longitudinales de la chaussée à l'aide du Profilograph

La valeur qui caractérise l'irrégularité longitudinale de la voie de la chaussée est la valeur maximale de l'IRI obtenue des mesurages effectués par les lasers de No 2 à 14 du Profilograph. Les valeurs des lasers extrémaux sont exclues du calcul à cause de leur position vers les voies de circulation.

Les irrégularités longitudinales des chaussées sont classées dans un système à 5 degrés. L'évaluation s'effectue dans des segments de 100 m, ou les valeurs extrêmes d'intervalles de 20 m sont spécifiés. La spécification des valeurs extrêmes sert au repérage des dégradations locales des irrégularités des chaussées, comme par exemple les joints de dilatation des ponts, passages à niveau, ... La classification se trouve dans le tableau 4.

Tableau 4 - Évaluation des irrégularités longitudinales d'après l'IRI [m.km-1] pour la longueur 20 m

Degré de classification	Autoroutes et routes express	Routes a grande circulation, routes principales	Routes secondaires et routes urbaines
1	< 1,90	< 1,90	< 3,30
2	1,91 – 3,30	1,91 – 3,30	3,31 – 5,00
3	3,31 – 5,00	3,31 – 5,00	5,01 – 8,00
4	5,01 – 8,00	5,01 – 10,00	8,01 – 14,00
5	> 8,00	> 10,00	> 14,00

A3.2 Évaluation des irrégularités transversales

L'évaluation des irrégularités transversales s'effectue d'après la profondeur des ornières. Celle-ci est mesurée à l'aide du Profilograph et s'évalue avec les irrégularités longitudinales. Les critères d'évaluation considère les caractéristiques spécifiques du paramètre mesuré. Du point de vue de la sécurité, l'élément crucial est la profondeur de l'eau dans l'ornière. Cependant, celle-ci ne fait pas encore par de l'évaluation. Elle est beaucoup moins profonde que la profondeur de l'ornière.

La valeur qui caractérise la profondeur des ornières d'une voie de circulation est la plus grande des deux valeurs moyennes de l'ornière droite et gauche. En évaluant la chaussée en totale, la valeur caractéristique est celle de la profondeur maximale des ornières des voies respectives (avec l'exception des autoroute ou chaque voie de circulation est évaluée individuellement). Les profondeurs moyennes sont définies statistiquement d'après 20 valeurs de mesurages effectuées par le senseur laser dans un intervalle de 1 mètre. Les valeurs de tous les 15 senseurs sont considérés. Les irrégularités transversales sont classées dans une échelle à 5 degrés, comme tous les paramètres du Système de gestion des chaussées. Cette classification dépend aussi du type de route (Tableau 5).

Tableau 5 - Évaluation des irrégularités transversales d'après la profondeur des ornières [mm]

Degré de classification	Autoroutes et routes express	Routes a grande circulation, routes principales	Routes secondaires et routes urbaines
1	< 5,00	< 5,00	< 10,00
2	5,01 – 10,00	5,01 – 10,00	10,01 – 15,00
3	10,01 – 15,00	10,01 – 15,00	15,01 – 20,00
4	15,01 – 20,00	15,01 – 25,00	20,01 – 30,00
5	> 20,00	> 25,00	> 30,00

Pour évaluer les deux paramètres, la création des sections homogènes est basée sur une conversion des données d'après la différence de 25 % entre la valeur représentative du paramètre sur la section et la valeur assignée.

A3.3 Évaluation de qualité de service par rapport à la profondeur des ornières

Pour évaluer la qualité de service, le seuil d'alerte est atteint par le degré de classification 4. Quand la profondeur des ornières dépasse 15 mm (autoroute, routes express, routes a grande circulation et routes principales), ou 20 mm (Routes secondaires et routes urbaines), la vitesse de circulation maximale doit être limitée à 80 km.h-1. Le seuil d'intervention est limitée par la valeur maximale du degré 4. Quand celle-ci est dépassée (20, 25, 30 mm), la chaussée n'est plus adéquate pour la circulation du point de vue des irrégularités transversales.

Les données (paramètres de qualité de service) sont analysées et utilisées par le Système de gestion des chaussées. Pour une utilisation plus complexe, ces données doivent être enrichies aux paramètres du niveau de service, représentées par la valeur du portage de la chaussée. L'analyse résultante fait part des procédures décisives, ou elle aide à préciser l'urgence de réparation, ou de reconstruction totale, de la section. Cette analyse économique aide de préciser la technologie et le temps optimal pour ces mesures. Le schéma complexe du processus de décision est représenté par l'image 1.

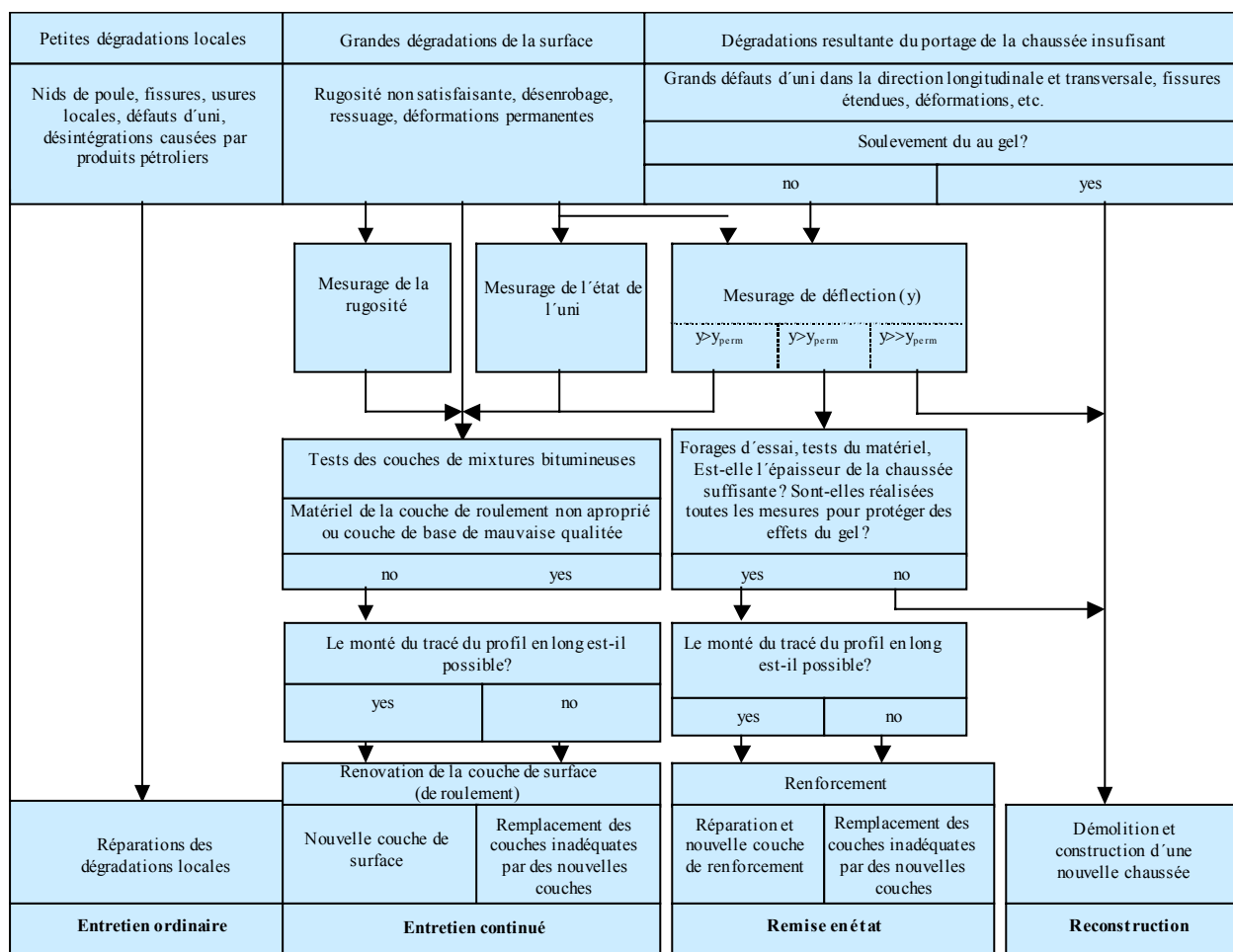


Image 1 - Schéma du système décisif

Diagnostic des chaussées

Une surveillance systématique des paramètres de l'état des chaussées en Slovaquie s'effectue depuis 1997, mais depuis 1993 des mesures indépendantes des déflexions des chaussées ont été établies. Les mesures par les dispositifs divers, ainsi que le traitement et l'évaluation des données s'effectue dans le département de la Base de données routières de l'administration routière de la Slovaquie. Les mesures diagnostiques s'effectuent sur la totalité du réseau routier de la République Slovaque. Des règlements spécifiques pour les mesurages par des dispositifs divers et aussi pour le traitement des données ont été élaborés en coopération avec des institutions académiques – l'Université de Zilina et l'Université Technique Slovaque a Bratislava.

KUAB 2m-150

Le dispositif diagnostique KUAB 2M-150 est utilisé pour le mesurage des déflexions, déterminants le portage de la chaussée. Ces mesurages servent au :

- Mesurages des sections répétés au terme long, qui servent à créer des modèles de dégradation (mesurage d'intervalle de 20 m sur les voies de circulation observées),
- Mesurage des sections où la chaussée doit être remise en état – servent à déterminer la durée de vie de la chaussée et au projet de renforcement de la chaussée (intervalle de mesurage 40 m, avec un système d'échiquier, ou les mesurages dans le sens opposé sont effectués un déplacement de 50%),
- Mesurages investigatrices, servant à obtenir une information complexe sur la condition de la chaussée sur une partie plus étendue du réseau routier (intervalle de 200 m, système d'échiquier),
- Mesurage servant aux projets de recherche et de développement technique (mesurages par la piste circulaire d'essais de la société "VUIS-cesty" S.A.R.L.),
- Mesurages des pistes d'aérodromes en béton de ciment (charges différentes, sélection des points de mesurage et de charge d'essai différente de la méthodique sur les chaussées souples et semi-rigides).

PROFILOGRAPH GE

Ce dispositif sert à l'acquisition des données des défauts d'uni longitudinales et transversales de la chaussée. Il s'utilise surtout aux :

- Mesurages des sections répétés au terme long, qui servent à créer des modèles de dégradation,
- Mesurages continus des routes (express, à grande circulation, secondaire et urbaines) entières (y inclus les sections proposées pour la remise en état), les routes secondaires sont mesurées chaque deuxième année,
- Mesurages des constructions achevées, pour les essais d'acceptation,
- Mesurage servant aux projets de recherche et de développement technique,
- Détermination du tracé géométrique des communications routières,
- Surveillance des caractéristiques techniques de circulation.



Image 2 - Le dispositif diagnostique KUAB 2m-150



Image 3 Le dispositif diagnostique PROFILOGRAPH GE

SKIDDOMETER BV 11

Dans le cadre de diagnostic des chaussées, le SKIDDOMETER sert a mesurer la rugosité longitudinale de la chaussée. Il sert a effectuer :

- Mesurages des sections répétés au terme long, qui servent a créer des modèles de dégradation,
- Surveillance aux points noir sélectionnés (sélection basée sur une analyse statistique du recensement des accidents, donc des sections avec un taux d'accidents causés par la chaussée glissant élevé),
- Mesurages comparatifs, servant a la comparaison des dispositifs et d'équipement technique différents, effectuée pour améliorer les critères de détermination de la rugosité de la surface, pour une évaluation de résultats meilleure.



Image 4 Le dispositif diagnostique SKIDDOMETER BV11

VIDEOCAR

Le dispositif VIDEOCAR sert aux auscultations visuelles rapides de la chaussée, spécialement pour :

- Surveillance des ruptures de la chaussée des sections adjacentes (y inclus les sections qui sont sujets de la remise en état de la chaussée, ou s'effectuent les essais de qualité par auscultations visuelles par les administrateurs de la route),
- Surveillance pour l'actualisation des données d'inventaire sélectionné de la Base de données routière,
- Enregistrement digital et optique de la situation sur une communication routière particulière.



Image 5 Le dispositif diagnostique VIDEOCAR

Le niveau de qualité de ces dispositifs diagnostiques permet une détermination objective de la qualité et du niveau de service des chaussées de routes et routes express. L'application particulière des données précise le choix de la méthodique appliquée.

Les résultats des mesurages et de la diagnostic des chaussées servent :

•A obtenir une vue complexe sur la condition des chaussées des routes et routes express

L'efficacité de ces dispositifs nous permet une répétition annuelle de diagnostic des chaussées dans le réseau routier étendue de la République Slovaque. Les données ainsi obtenues nous donnent une image objective et complexe de l'état du réseau routier, surtout en ce qui concerne les défauts d'uni transversales (profondeurs des ornières), défauts d'uni longitudinales (indes IRI) et autres paramètres de la chaussée. Ces données sont utilisées par le System de gestion des chaussées au niveau du réseau, en préparant le budget pour la saison arrivante, ou comme source d'informations pour les décideurs, distribuant les finances (ministères, parlement, gouvernement).

•Comme source des données essentiels du System de gestion des chaussées, pour la préparation du plan de remise en état des routes et routes express

Les informations sur l'état des chaussées son collectées par les mesures de diagnostic des chaussées dans une qualité, précision et détail, qui serait impossible d'obtenir par aucune méthode alternative. Ces données sont utilisées dans l'algorithme du model de priorité de gestion des chaussées, qui sert à préparer la liste des priorités de sections de la chaussée pour remise en état. Cette liste aide a choisir les projets prioritaires de remise en état, mais dans le passé elle était aussi utilisée par les banques étrangères lors des accord de crédits pour la remise en état des chaussées.

•Source des données pour la détermination des fonctions et modèles de dégradations pour les types différents de constructions de routes

L'analyse des séries temporelles de données, obtenues par le diagnostic fréquent de certaines sections de chaussées, nous donne des informations sur l'altération des caractéristiques techniques (la dégradation) des chaussées pendant leurs exploitation. Ces altérations peuvent être exprimées par des fonctions de dégradation de paramètres techniques spécifiques. Celles-ci peuvent être incorporées dan le model d'optimisation du System de gestion des chaussées. Ca aidera d'optimiser la remise en état des chaussées, donc de déterminer le temps optimal pour une réparation spécifique sur une section de route particulière.

•Collection des données pour la vérification de l'état de nouvelles routes pendent les processus d'acceptation

Les données, obtenues par le diagnostic de nouvelles sections de chaussées, qui viennent d'être ouvert pour exploitation, sont une source d'information précieuse dans le processus d'acceptation et aident de vérifier si les paramètres exigés étaient accomplis par le pourvoyeur. Pendent le délai de garantie, et aussi avant son expiration, des mesurages additionnels sont effectués. Le diagnostic des chaussées s'effectue en coopération avec le laboratoire central, les laboratoires régionaux, les centres d'investisseurs les organisations assurant l'administration et l'entretien.

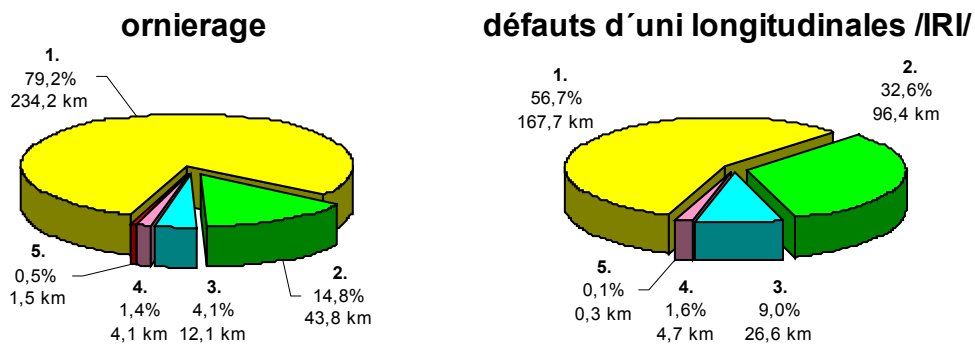
•Collection des données pour les projets de développement scientifique et technique

Les dispositifs diagnostiques permettent de collectionner des données qui n'étaient pas disponibles avant, ou qui peuvent être utilisés dans des projets de recherche. Ceci est le cas des dispositifs Profilograph et Videocar, qui collectionnent des données qui n'était pas gérés par la Base de données routière avant (le balisage). Le dispositif Profilograph peut aussi être utilisé comme source de données additionnelles sur le tracé géométrique de la route, ou d'autres caractéristiques techniques et de circulation. Ces capacités riches des dispositifs diagnostiques améliorent ainsi le niveau technique et scientifique de gestion routière en Slovaquie.

Des règlements techniques sont élaborés pour évaluer l'état des chaussées d'après les mesurages effectués par les dispositifs diagnostiques. Des critères sont disponibles pour chaque paramètre de l'état de la chaussée et celui-ci est ainsi classé dans 5 classes :

- 1. classe** - excellent état de la chaussée,
- 2. classe** - bon état de la chaussée – la chaussée accomplit toutes les conditions opérationnelles pour une circulation rapide, continue et économique des véhicules et nécessite qu'un entretien ordinaire,
- 3. classe** - état de chaussée satisfaisant – chaussée accomplit toutes les conditions opérationnelles de circulation rapide, continue et économique et a besoin que d'entretien ordinaire et routine,
- 4. classe** - état de chaussée inadéquat – la chaussée n'accomplit pas les conditions opérationnelles de circulation rapide, continue et économique et a besoin d'entretien curatif
- 5. classe** - chaussée en conditions critiques - la chaussée n'accomplit pas les conditions opérationnelles de circulation rapide, continue et économique et nécessite d'être marquée par panneaux de signalisation (de danger et d'interdiction) et une reconstruction immédiate.

Les résultats des évaluations des chaussées en bitume des autoroutes et des routes a grande circulation en Slovaquie sont indiqués sur les images 6 et 7 :



AUTOROUTES – ornierage et défauts d'uni longitudinales /IRI/ ensemble

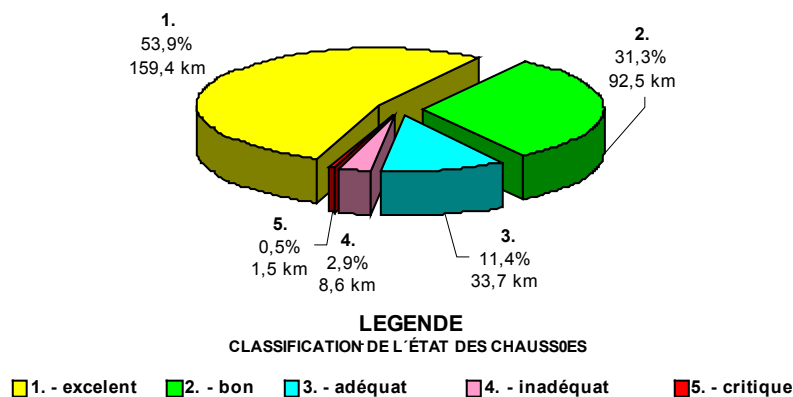


Image 6 – État des autoroutes du point de vue des ornières et défauts d'uni longitudinales (IRI), mesuré en 2001

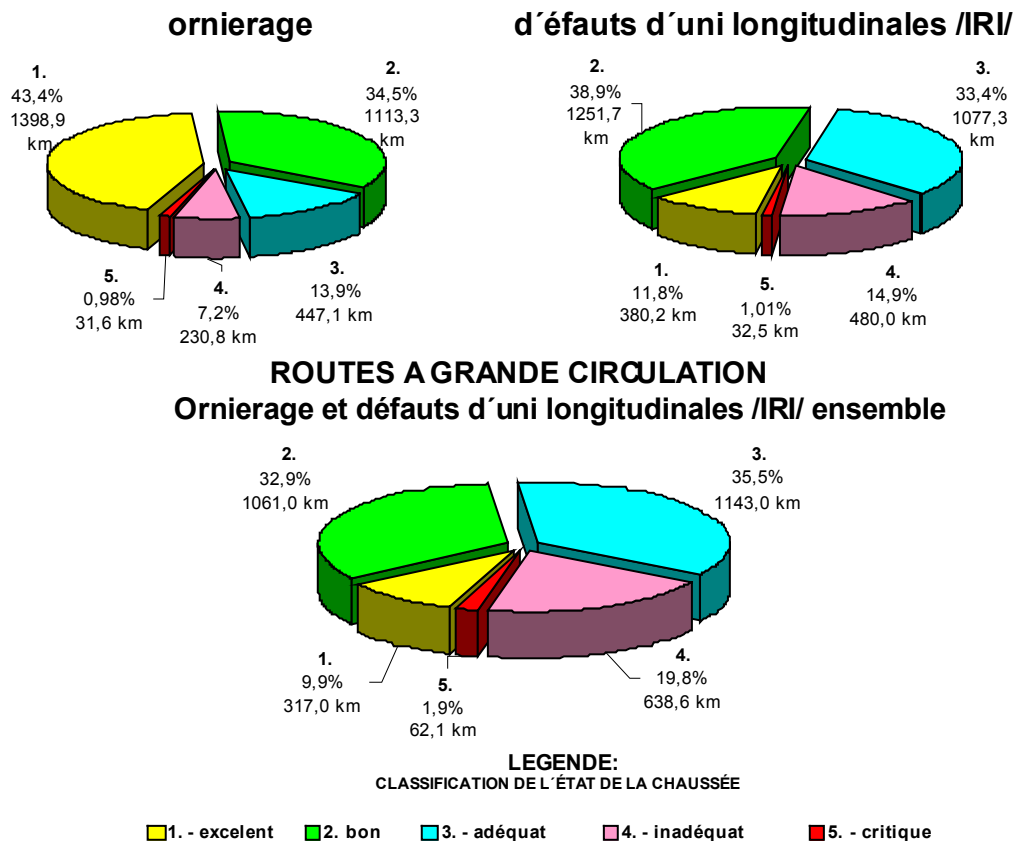


Image 7 – État des routes a grande circulation du point de vue des ornières et écarts d'uni longitudinales (IRI), mesuré en 2001

B DEFORMATION DE LA SURFACE - PROFONDEURS DES ORNIERES

Une méthode innovatrice de conception des chaussées en bitume consiste des règles, demandes et critères qui doivent être appliqués dans les calculs et contrôles des constructions des chaussées. C'est une méthode complexe de projection analytique, théoriquement-empirique. Pendant la projection des chaussées en bitume, et aussi pendant les épreuves de construction de la chaussée, la charge standard par véhicules et les conditions d'opération normale (conditions dans les couches de fondations ainsi que les conditions climatiques) sont envisagés.

Les critères essentiels qui influencent la projection de la chaussée en bitume sont :

- A. La protection de la chaussée contre les effets du gel
- B. La solidité et fatigue des matériaux utilisés
- C. La stabilité des matériaux non-liés
- D. Stabilité du remblai

La profondeur des ornières est un critère additionnel d'évaluation des chaussées. La profondeur est anticipée de la déformation permanente. Les caractéristiques de déformation des chaussées en bitume et leurs réponses aux charges standards et aussi atypiques tels, que pour le calcul de déformations permanentes il est nécessaire de différencier:

- a) les chaussées en bitume souples (NT)
- b) les chaussées en bitume semi-rigide (PT)

et aussi la configuration de charge :

- Z₁) charge standard, représentée par des camions de vitesse 60 km/h
- Z₂) charge atypique, représentée par des véhicules freinant, accélérant ou stationnaires, ou par des véhicules de poids excessif ou de charge d'essieu dépassant les limites permis.

La structure des couches de la construction de la chaussée se différencie, du point de vue mécanique, en structure souple et semi-rigide. En conséquence, le calcul des déformations permanentes est aussi différent. Ces deux structures se trouvent sur le schéma suivant :

CHAUSSÉE SEMI-RIGIDE

Surface de roulement	1		mélange bitumineux (béton bitumineux)
	2		mélange bitumineux (béton bitumineux)
	3		mélange bitumineux
Couche de liaison	4		mélanges liées par un mélange bitumineux (stabilisation en ciment)
	5		matériel non-liée (granulat, macadam)
Couche de fondation			

CHAUSSÉE SOUPLE

Surface de roulement	1		mélange bitumineux (béton bitumineux)
	2		mélange bitumineux (béton bitumineux)
	3		mélange bitumineux
Couche de liaison	4		matériel non-liée (granulat, macadam)
	5		matériel non-liée (granulat)
Couche de fondation			

Image 8 Structure de la chaussée – chaussées semi-rigides et souples

B1 Calcul de déformations permanente de chaussées souples bitumineuses

Le calcul de déformation de chaussée en bitume avec une construction souple est effectué à l'aide d'un modèle, ou ont applique une addition de déformations permanents des

couches respectives (et de couche de u support). L'addition s'effectue d'après l'équation générale:

$$Y_{trv,NT} = K_p \cdot y_p + \sum_{i=1}^{i=n} K_i (y_{pr,i} - y_{pr,i+1}) \quad (1)$$

ou: y_p - est la flexion souple sur la surface du support calculée à l'aide du modèle de la chaussée,

$y_{pr,i}$ - flexion souple au-dessous de la couche i ,

$y_{pr,i+1}$ - flexion souple au-dessous de la couche $i+1$ (couche supérieure),

K_p, K_i - coefficients de déformation, exprimant le rapport entre la déformation souple et la déformation permanente du sol dans le support et d'autres matériaux des couches de la chaussée, qui dépendent aussi du nombre de répétitions charge N .

Les flexions peuvent être calculées d'après la charge d'essieu équivalente, au poids de 10 tons

$$(2P=100kN).$$

Dans le calcul des déformations permanentes d'une chaussée bitumineuse, causées par des véhicules en mouvement, la charge du trafic en printemps, automne et en été doit être réfléchi.

En réfléchissant la charge et les conditions l'expression (1) étendue a la forme suivante :

$$Y_{trv,NT} = K_p \cdot y_p + \sum_{i=1}^n K_{i,l} (y_{pr,i,l} - y_{pr,i-1,l}) + \sum_{i=1}^n K_{i,j} (y_{pr,i,j} - y_{pr,i-1,j}) \quad (2)$$

Où $K_{i,l}$ est le coefficient de déformation du matériel de la couche i , calculé d'après l'équation:

$$K_{i,l} = m \cdot N_l^n \quad (3)$$

Où $N_l=0,3 N_c$ et le coefficient m , resp. exposant n sont pour des matériaux différents dans le tableau 6.

$K_{i,j}$ - coefficient de déformation du matériel de la couche i , ou $N_j= 0,5 N_c$,

K_p - coefficient de déformation du sol dans le support, comme mentionné dans le tableau 6

$$\text{Ou} \quad N_{def} = 0,5 N_c + 0,3 N_c$$

Où N_c est la charge du trafic de définition (pendant toute la période réfléchi), exprimé par le nombre de châssis de définition.

Tableau 6 - Le coefficient m et l'exposant n pour le calcul du coefficient de déformation K

Matériel	Nomenclature standardisée Slovaque	M	n
Mélange bitumineux	AB, AKD, AKO	4,5	0,23
	AB-M, AKM, AKT	3,5	0,22
	LA	4,5	0,21
	OK I	4,5	0,25
	OK-M	4,4	0,24
Granulat non-liée	ŠP	2,0	0,30
	ŠD, ŠV	2,0	0,25
	MSK	2,5	0,22
Macadam	VA, PM	4,0	0,25

Tableau 7 - La valeur du coefficient de déformation du support K_p dépend de la charge maximale du support

$E_{p,n} \leq 45$ MPa	$K_p = 1,3 + 0,70 \log N_{def}$
$E_{p,n}$ 45 to 60 MPa	$K_p = 1,3 + 0,65 \log N_{def}$
$E_{p,n} > 60$ MPa	$K_p = 1,3 + 0,60 \log N_{def}$

Dans le calcul des déformations permanentes d'une chaussée souple en bitume, effectué par la charge de référence ou charge exceptionnelle de véhicules freinant, accélérant ou stationnaires (cas b), il est nécessaire de préciser la part du nombre de châssis dans N_{def} , qui réponds à la charge non-standard. Si l'investisseur ne définit pas cette part, on réfléchit la part de véhicules aux effets négatifs est de 60% (N_{def}). Ceci répond à une proportion suivante de véhicules réfléchis en conditions moyennes (printemps, automne):

$$0,6 \times 0,5 N_c = 0,30 N_c \quad (4)$$

Et dans les conditions d'été:

$$0,6 \times 0,3 N_c = 0,18 N_c \quad (5)$$

En calculant les déformations permanentes de la chaussée effectuée par ces véhicules, il est nécessaire de modifier les données et les paramètres du modèle de la chaussée ainsi, que les paramètres de déformations (E, μ) des couches du matériel seront envisagées pour une durée de charge de $t = 60$ s.

Le nombre de châssis normaux avec un effet standard, qui est réfléchis de 40% influence le calcul du coefficient de déformation ainsi:

- $K_{i,j}$ (pour des conditions moyennes) $0,4 \times 0,5 N_c = 0,20 N_c$
- $K_{i,j}$ (pour les conditions d'été) $0,4 \times 0,3 N_c = 0,12 N_c$.

B2 Calcul de déformations permanentes de chaussées semi-rigides bitumineuses

Le calcul de déformation permanente d'une chaussée en bitume semi-rigide s'effectue d'après un modèle, ou l'addition de déformations permanentes uniquement de couches en bitumes basées sur des couches semi-rigides ou rigides est effectuée. Cette addition est représenté par l'équation

$$Y_{trv,PT} = \sum K_i (y_{pr,i} - y_{pr,i+1}) \quad (6)$$

- Où :
- $y_{pr,i}$ - déflexion élastique en bas de la couche i ,
 - $y_{pr,i+1}$ - déflexion élastique en bas de la couche $i+1$ (de la couche de haut, ou pour la couche $i=1$ de la surface),
 - K_i - coefficient de déformation du matériel de la couche i , dépendent du nombre de répétitions de la charge N_{def} .

Les déflexions élastiques sont calculées d'après la charge d'essieu équivalente pour les conditions de printemps, d'automne et d'été. D'après la charge totale (nombre total de cycles de charges) et les conditions l'expression (6) étendue a la forme suivante :

$$Y_{trv,PT} = \prod_{i=1}^n K_{i,l} \sum_{pr,i,l} y_{pr,if} \prod_{i=1}^n K_{i,j} \sum_{pr,i,j} y_{pr,if} \quad (7)$$

Ou : $K_{i,l}$ - coefficient de déformation du matériel de la couche i , d'après l'équation (3)
 $K_{i,j}$ - coefficient de déformation du matériel de la couche i , ou $N_j=0.5 N_c$

Dans le calcul des déformations permanentes, causées par la charge standard et non-standard des véhicules, on suppose que seulement 40% de véhicules (d'essieu équivalent) bouge continûment et ont un effet standard, mais 60% de véhicules ont un effet non-standard, donc ils s'agit de véhicules qui freinent, accélérant ou stationnaires. Leurs proportion par mis les véhicules aux effets pendent les conditions normales (printemps, automne) est la suivante :

$$0,6 \times 0,5 N_c = 0,30 N_c$$

et dans les conditions d'été

$$0,6 \times 0,3 N_c = 0,18 N_c.$$

Les critères pour la profondeur des ornières

La profondeur des ornières sur la surface d'une chaussée souple est calculée par une corrélation empirique :

$$H_K = 1,40 \cdot Y_{trv,NT} \quad (8)$$

La profondeur des ornières sur la surface d'une chaussée semi-rigide est calculée par une corrélation empirique :

$$H_K = 1,2 \cdot Y_{trv,PT}. \quad (9)$$

Le projet de construction de chaussée en bitume est acceptable (du point de vue de création des ornières), si la profondeur des ornières H_K sera inférieure aux valeurs limites :

- pour les chaussées d'autoroute et de routes express 20.0 mm,
- pour les routes a grande circulation et routes prioritaires 25.0 mm,
- pour les routes secondaires et urbaines 30,0 mm.

Remarque : L'investisseur de la route peut modifier les critères additionnels de profondeur des ornières.