

## Дефекты дорог как фактор риска для пользователей

Йохан Гранлунд  
ведущий специалист по технологиям  
Vectura Consulting AB  
Швеция



# Дефекты дорог как фактор риска для здоровья пользователей



Фото: Макс Рисберг, Вектура

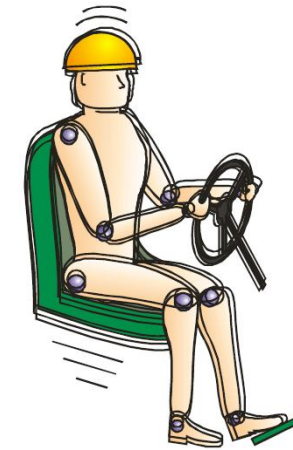


Рисунок из Директивы ЕС по вибрациям "EU Guide to Good Practise on Whole-Body Vibration"

1. Высокие уровни вибраций в течение рабочего дня => риск заболеваний
2. Интенсивные вибрации в автомобиле => также и риск ДТП



This Project is financed by EU



ROADEX  
Implementing Accessibility



## Общая структура

**1.Аспекты охраны здоровья и безопасности в условиях воздействия транспортных вибраций**

- Повышенный риск на дорогах с низкой интенсивностью движения
- Законодательство ЕС по контролю над уровнем вибрации на рабочих местах

**2.Демонстрационные проекты Roadex в Финляндии, Шотландии, Норвегии и Швеции.**

- Выявление характеристик дорог как факторов повышающих вибрацию и риски ДТП:
  - а)Неудовлетворительный водоотвод,
  - б)Низкие эксплуатационные характеристики покрытия
  - с)Дефекты плана и профиля



This Project is financed by EU



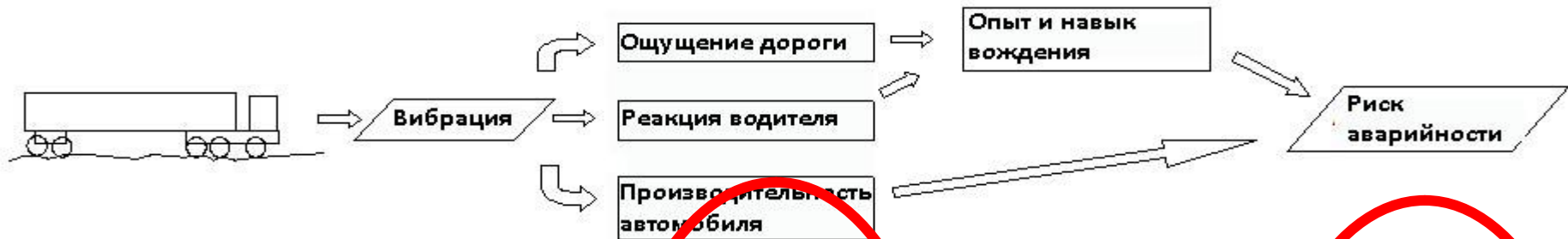
**ROADEX**  
Implementing Accessibility





# 1. Охрана здоровья и безопасности в условиях воздействия транспортных вибраций

## Главные элементы взаимосвязи между транспортными вибрациями и безопасностью движения



**Факторы комфорта поездки**

Низкий уровень (распределенные)  
Высокий уровень (локализованные)

Ровность

Влияние скорости

Частота  
Амплитуда

Состояние ТС:  
переменная нагрузка  
жесткая подвеска  
сухое трение в рессорах  
гибкость рамы  
и др.

**Дорожная обстановка**

Мультимодальная вибрация

Доминантные частоты: от 1 до 10 Гц

Доминантные амплитуды до 2 м/с<sup>2</sup>

Инструменты контроля шума

"Подскок" водителя на неровности

**Реакция водителя**

Ответная реакция организма на вибрацию частей тела и органов:

**Физиологическое воздействие (зрение, сердечно-сосудистая система)**

Психологическое воздействие, (дискомфорт, стресс)

Патологическое воздействие, (падение в спячку)

**Опыт и навык вождения/производительность автомобиля**

Водитель:

- острота зрения
- скорость реакции
- слежение за дор. обстановкой и работой двигателя

Транспорт. средство:

- сцепление колес с дорогой
- тех. состояние ТС
- наличие

**Аварийность**

Потенциально зависит от:

- снижения бдительности (состояние предусталости)
- усталости (сниженной бдительности)
- способности водителя управлять ТС и затормозить его в случае наличия недомоганий у водителя
- четкость отражения в зеркалах заднего вида
- "Подскока" водителя на неровности
- Способности ТС "держаться"



## Влияние транспортных вибраций на здоровье

- Организм человека чувствителен к транспортным вибрациям частоты 0.5 – 80 Гц; дрожание, подрагивание, скачки на неровностях
- Следствие - резонанс в глазных яблоках, голове, спине, животе...
- Неровности – стресс и усталость
- Волнообразные колебания – сонливость
- Вибрации водителя грузовика – область вопросов охраны труда в рамках международного стандарта ISO 2631-1.



This Project is financed by EU



**ROADEX**  
Implementing Accessibility

# Современный уровень знаний о влиянии транспортных вибраций на здоровье

- Боль в пояснице: **Подтверждено!**
- Ишиалгия (седалищ. нерв) / Грыжа межпозвоночного диска: **Подтверждено!**
- Артроз: **Требуются дополнительные исследования**
- Выкидыши: **Требуются дополнительные исследования, Регулирование.**
- Мужская фертильность: **Четко прослеживается, требуются доп. исслед...**
- Сердечно-сосудистая система: ряд исследований, **требуются доп. исслед...**
- Рак простаты: несколько исследований, **требуются доп. исслед...**
- Укачивание: **Подтверждено!**
- Производительность труда: ряд исследований, **требуются доп. исслед...**
- Смертность: комплексные изучения, **требуются доп. исслед...**

Источники: Отчет шведской администрации, занимающейся вопросами охраны труда - 2011:8 и Отчет по труду и здравоохранению (Арбет и Хэльса) 2012:46

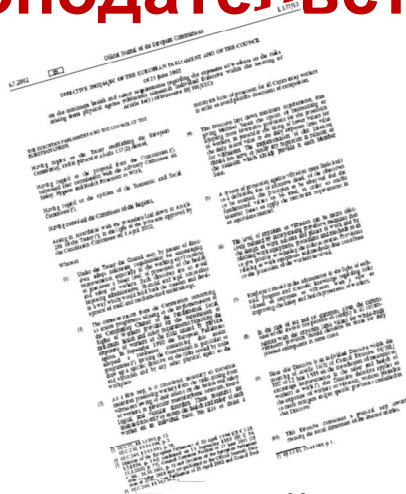


This Project is financed by EU



ROADEX  
Implementing Accessibility

# Законодательство ЕС по охране труда 2002/44/ЕС



При ежедневной подверженности вибрациям  $A(8) = 0.5 \text{ м/с}^2$  водители:

- Направляются на медосмотр
- информируются о рисках для здоровья
- Обеспечиваются работодателем мерами (техническими и организационными для минимизации рисков)

Отсутствует оценка рисков? Меры не приняты?  
 - Стандартный штраф 100 000 Евро (Швеция).



This Project is financed by EU



ROADEX  
 Implementing Accessibility



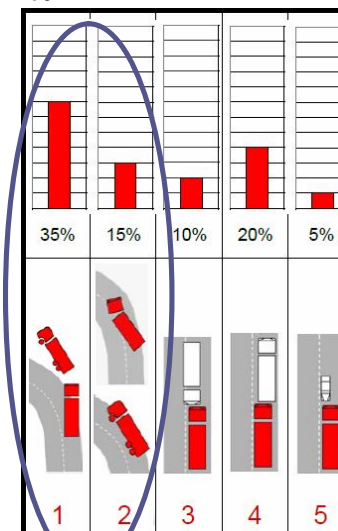
# Риски аварийности: чувствительность грузовиков к дефектам дорог

Наиболее частый вид ДТП с участием грузовиков - опрокидывание.

Причина: Высокое расположение центра тяжести – уязвимость к поперечным силам, возникающим при движении (плохо запроектированные кривые, неровности на покрытии, дефекты кромки покрытия)



ДТП с тяжелыми ранениями водителей/пассажиров грузовых ТС



Источник: расследования причин ДТП с участием грузовых автомобилей Volvo



Среднее количество опрокидываний грузовиков:

- Норвегия: 200/год
- Финляндия: 200/год
- Швеция: 650/год

Источник: страховые компании IF & LF



This Project is financed by EU



ROADEX  
Implementing Accessibility



# Повышенные риски тяжелых последствий ДТП на дорогах с низкой интенсивностью

Риск гибели на дорогах малонаселенной периферии в 153% выше, чем на дорогах населенных территорий.



This Project is financed by EU



ROADEX  
Implementing Accessibility

## 2. Демонстрационные проекты Roadex в Финляндии, Шотландии, Норвегии и Швеции



**Результат - методология ROADEx по записи и совмещению данных транспортных вибраций с данными оценки состояния дороги (профилометр)**



This Project is financed by EU



**ROADEx**  
Implementing Accessibility



## Демонстрационные проекты Roadex:

Исследовательские работы:

1. Определение транспортных вибраций, воздействующих на водителя,  $A(8)$  и сравнение показателей с допустимым значением-  $0.5 \text{ м/с}^2$  согласно 2002/44/ЕС.
2. Измерение спинального давления,  $S_{ed}$ , сравнение с допустимым значением  $0.5 \text{ МПа}$  согласно ISO 2631-5.
3. Изменения поперечного бафтинга (крена) грузовика и его соотношение с показателем состояния дорог RBCSV (характеристика деформаций покрытия), измеряемого лазерным профилометром
4. Соотношение качество поездки/состояние зимней дороги
5. Снижение уровня вибраций при помощи системы контроля давления воздуха в шинах



This Project is financed by EU



**ROADEX**  
Implementing Accessibility



# Обследование 3700км дорог



| Партнер   | Местоположение   | ТС                         |
|-----------|--|----------------------------|
| Лапландия | А/д 21 Пелло-Килписъярви<br>а/д Рааттамаа. 763 км  | Грузовик<br>коммерческий   |
| Хайлэнд   | Местные дороги в Форт Уильям<br>А82 в Инвернесс. 512 км  | Лесовоз                    |
| Норвегия  | Е6 Фауске-Тронхейм. 636 км   | Грузовик -<br>рефрижератор |
| Швеция    | Е4, а/д 87, 323, 331, 335, 1035 и<br>лесные дороги в Рамселе, 1417 км<br>весной, 450 км осенью | Лесовоз                    |

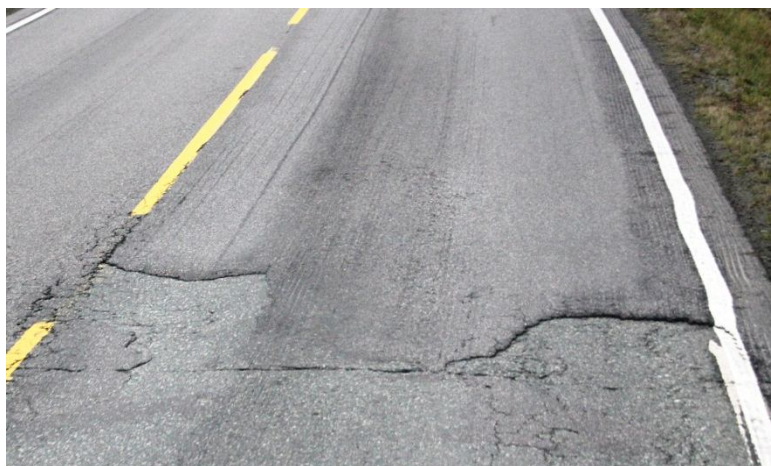
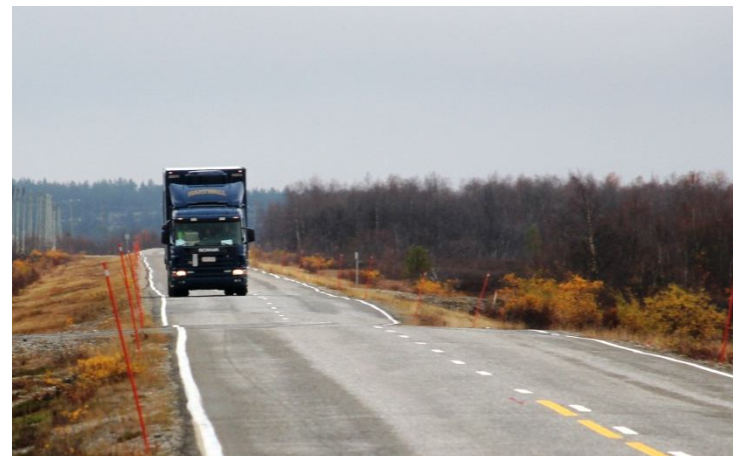


This Project is financed by EU



**ROADEX**  
Implementing Accessibility

# Пилотные участки



This Project is financed by EU



## Некоторые результаты

Большая часть перевозок в Северной периферии осуществляется при воздействии на водителя транспортных вибраций выше допусковых ЕС  $A(8) = 0.50 \text{ м/с}^2$  вследствие которых - спинальное давление выше установленного лимита  $S_{ed} = 0.50 \text{ МПа}$ .

Фактор наибольшего риска - неровности, вызванные морозным пучением, провоцирующие опасный поперечный бафтинг.

Участки вибраций качения и поперечного бафтинга выявлялись по показателю RBCSV, получаемого с помощью высокоскоростного профилометра.



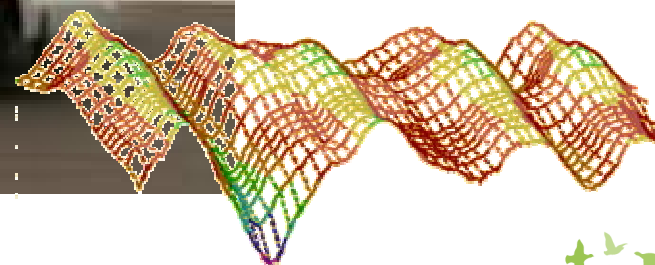
This Project is financed by EU



ROADEX  
Implementing Accessibility



# Применение высокоскоростного профилометра для выявления факторов риска



This Project is financed by EU



**ROADEX**  
Implementing Accessibility



## Риск: транспортные вибрации



**Международный показатель ровности IRI диагностирует длину волны 0.5 – 30м. Волна < 0.5м не регистрируется, т.е. выбоины, наиболее вредные для здоровья не регистрируются (!).**

**В диапазоне < 0.5м применяется показатель *MegaTexture*, регистрирующий дефекты покрытия (расслоение, растрескивание, выбоины, загрязнения, наледи на зимней дороге).**



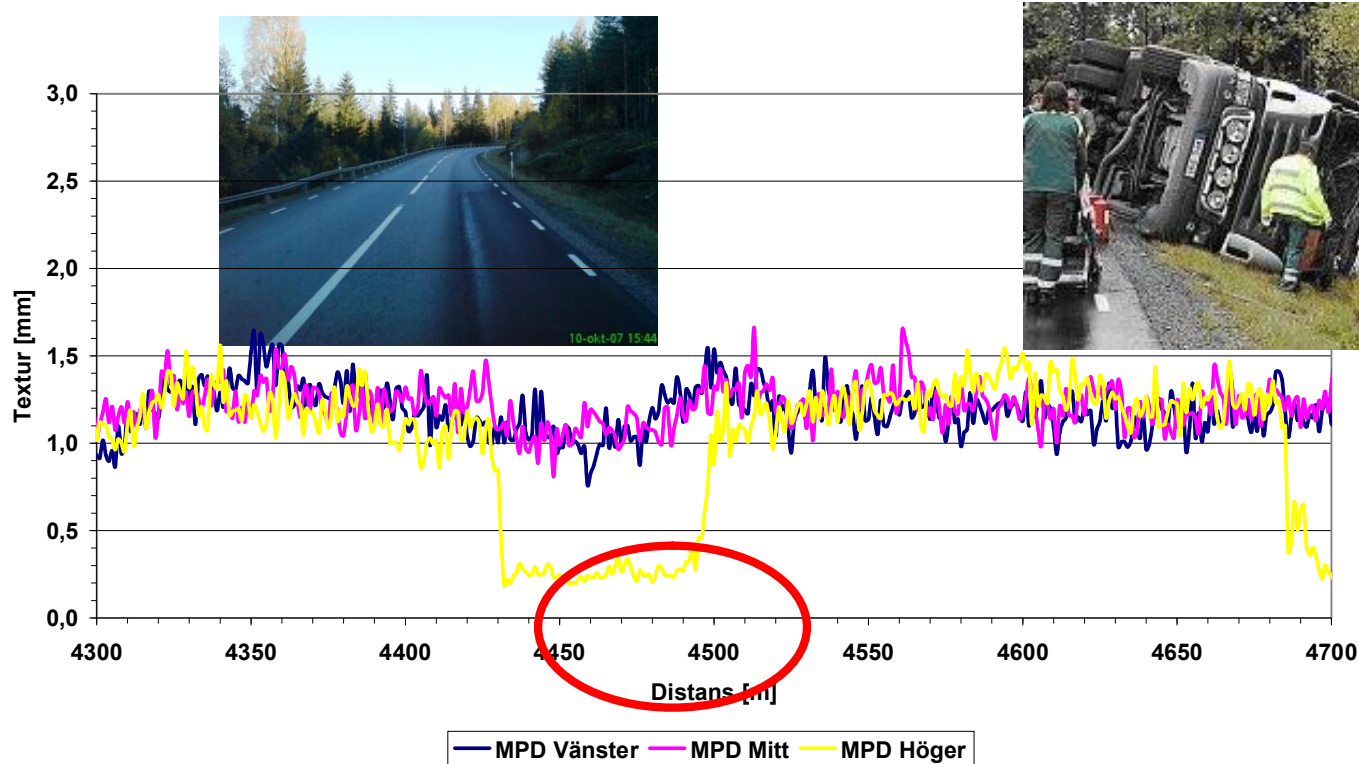
This Project is financed by EU



**ROADEX**  
Implementing Accessibility



## Риск: ухудшение сцепных качеств покрытия после ямочного ремонта



**Шероховатость заделанной выбоины может быть меньше шероховатости покрытия**  
**Риск – разные коэффициенты сцепления на колесах осей, что при торможении ведет к ДТП**



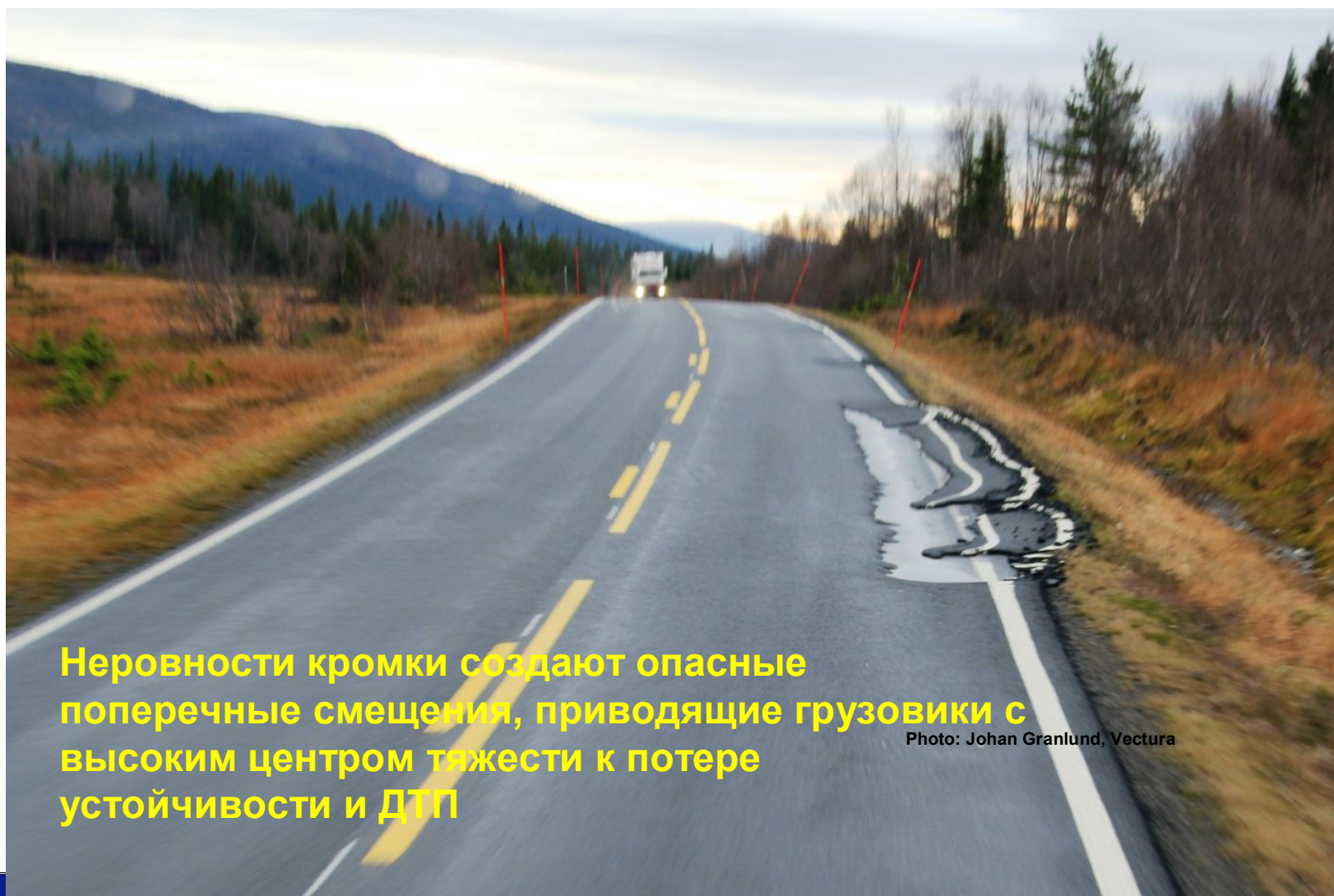
This Project is financed by EU



**ROADEX**  
Implementing Accessibility



## Риск: состояние кромки покрытия



Неровности кромки создают опасные поперечные смещения, приводящие грузовики с высоким центром тяжести к потере устойчивости и ДТП

Photo: Johan Granlund, Vectura



This Project is financed by EU

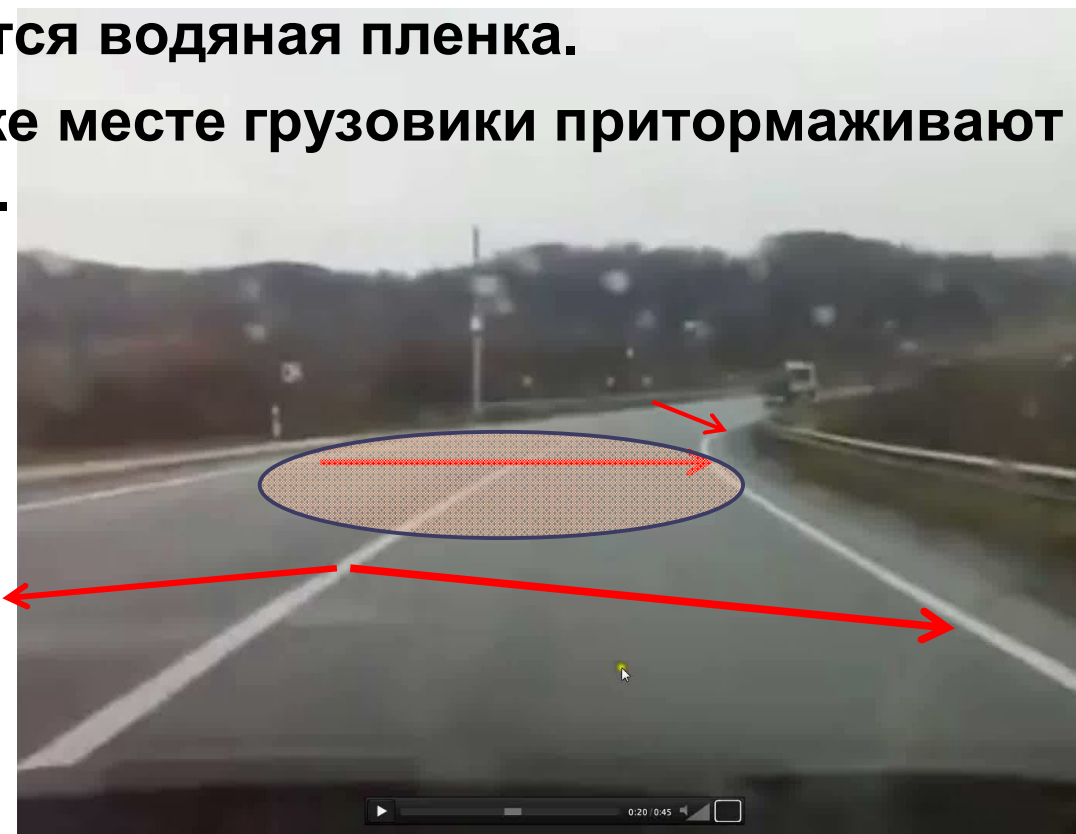


**ROAD EX**  
Implementing Accessibility

## Риск: гидропланирование на кривой

При сопряжении поперечного профиля прямого участка и виража кривой есть специфический участок повышенного риска с невыраженным поперечным профилем, где сток воды с покрытия замедлен. При дожде в этом месте образуется водяная пленка.

В этом же месте грузовики притормаживают для входа в поворот.



This Project is financed by EU



# Недостаточный водоотводный градиент (DG) -критические участки - вход/выход с кривой



**DG менее 0.5% - основная причина 5-кратного  
увеличения риска ДТП на кривых**



This Project is financed by EU

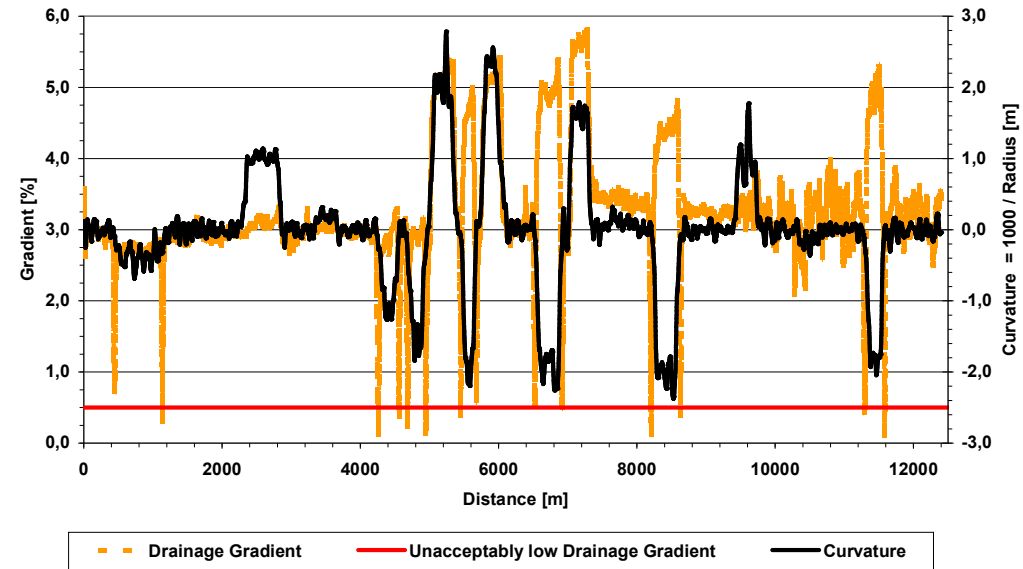


**ROADEX**  
Implementing Accessibility





## Выявление риска гидропланирования



Данные профилметра по поперечному и продольному уклонам – основа для расчетного выявления опасного градиента.

Пилотная дорога: 12 опасных участков с градиентом DG <0.5% на участке протяженностью 12 км. Риск гидропланирования выше на полосе с внешней стороны кривой.



This Project is financed by EU



ROADEX  
Implementing Accessibility

## Риск: поперечный бафтинг



При движении грузовика по неровностям возникают вибрации, приводящие в состояние колебания все транспортное средство (бафтинг), что создает риски повреждения крепления груза и ДТП с опрокидыванием.



This Project is financed by EU



ROADEX  
Implementing Accessibility

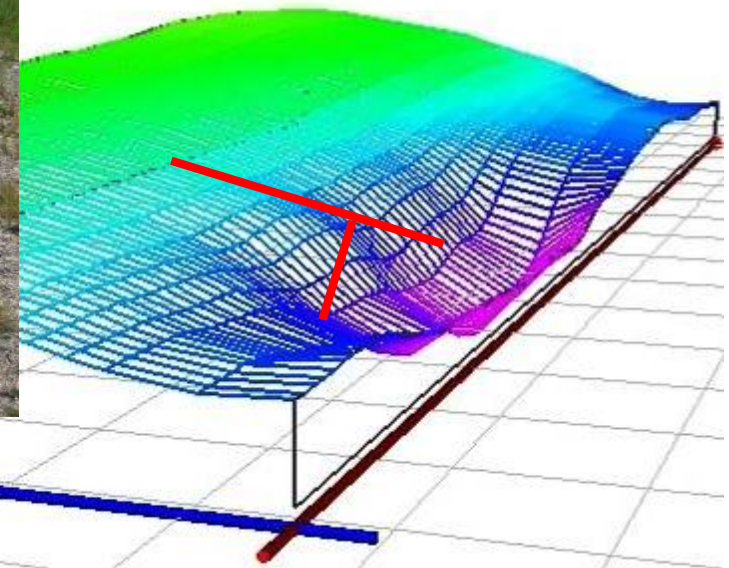




## Частая причина поперечного бафтинга - деформированная кромка покрытия



Деформация кромки  
глубиной 69 мм



Подтверждение риска - лопнувшая шина на обочине



This Project is financed by EU



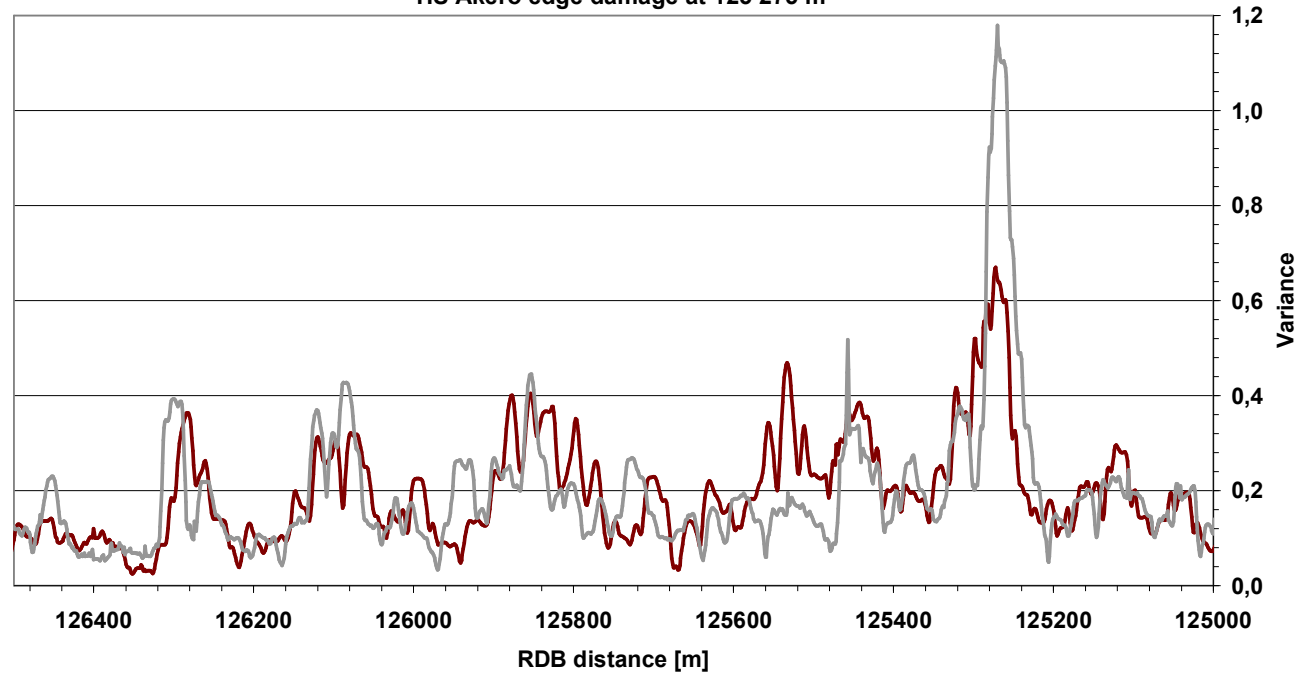
ROADEX  
Implementing Accessibility





# Выявление рисков поперечного бафтинга

Variance of Truck Cab Roll Angle vs Variance of Cross Slope  
HS Åkerö edge damage at 125 275 m



**Опасные неровности покрытия выявляются с помощью показателя RBCSV.**

**Предельно допустимая величина показателя RBCSV - 0.30 %.**



This Project is financed by EU



**ROADEX**  
Implementing Accessibility



## **Заключение:**

**Отчеты Roadex информируют о способах выявления дефектов дорог, повышающих риски для здоровья и жизни пользователей.**

**Выявление и устранение опасных дефектов на протяженных маршрутах малолюдной северной периферии имеет повышенное значение, т.к:**

- 1. Дороги более предрасположены к появлению дефектов, провоцирующих вибрации,**
- 2. Периоды воздействия опасных вибраций продолжительнее,**
- 3. Помощь пострадавшим в ДТП, как правило, приходит слишком поздно.**



This Project is financed by EU



**ROADEX**  
Implementing Accessibility

## Источники информации:

- Отчет ROADEX III, 2008
- Видео лекция PIARC, 2008
- Публикация Симпозиума HVTT11, 2010



Источники: [www.roadex.org](http://www.roadex.org), [www.videolectures.net](http://www.videolectures.net)  
[www.hvttconference.com](http://www.hvttconference.com)



This Project is financed by EU



ROADEX  
Implementing Accessibility