



Безопасность и управление хвостохранилищами после аварии на шахте Талвиваара (2012) - Полученные уроки и образцы лучшей практики

Сеппо Хеллстен

Вводный семинар

проекта по повышению безопасности объектов горной
промышленности, включая хвостохранилища,
в Казахстане и в Центральной Азии



Programme for Sustainable Growth and Jobs

Leverage from
the EU
2014–2020



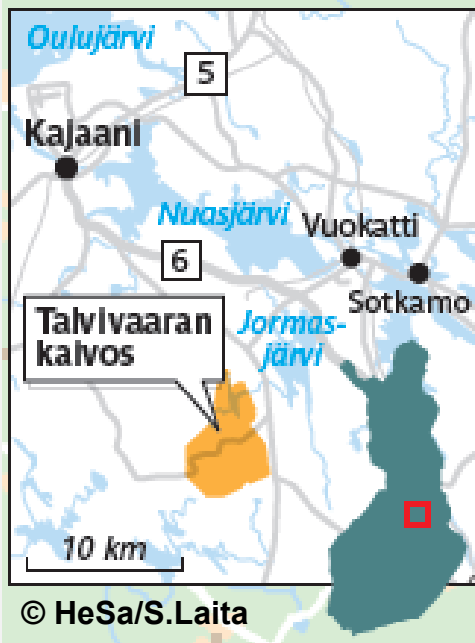
Содержание

- Контекстная информация о горной добыче в Талвиваара и о проблемах со стоками/шахтными водами
- Наихудшая экологическая катастрофа в Финляндии?
- Утечка из гипсового бассейна в 2012 г.
- Чему мы научились и путь вперед

История добычи и экологические проблемы

- Крупнейшее месторождение сланцевых сульфидных руд в Европе
 - Открыто в 1977 г., содержание металла слишком низкое для традиционных методов
- Компания Talvivaara Ltd. начала добычу в 2008 г. с применением метода био-выщелачивания
 - Руду измельчают, агломерируют, складывают в кучи, обрабатывают серной кислотой и выщелачивают при помощи микроорганизмов (био-выщелачивание)
- Первоначальные экологические проблемы связаны с выделением
 - **Сульфатов** образующихся из сульфидов руды и серной кислоты, которая применяется в процессе выщелачивания
 - **Марганца** (Mn) который не осаждается после очистки
 - Избыточного **натрия** (Na) из щелочи (NaOH), которая применяется для предотвращения проблем с запахом сероводорода (H₂S)

Шахта Талвиваара: расположение и масштаб



© HeSa/S.Laita

- Общая площадь - 60 км²

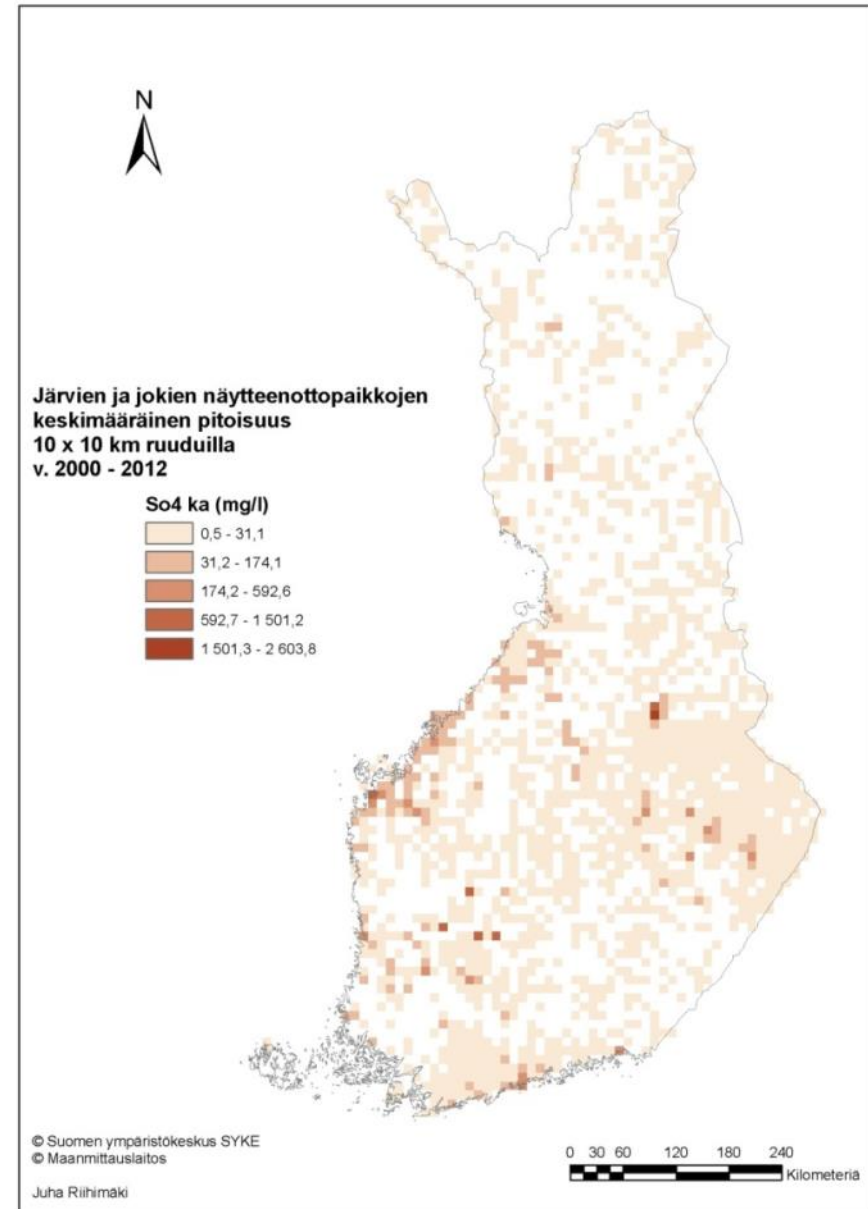
Гипсовые бассейны
Поля выщелачивания
Произв. зона
Карьер

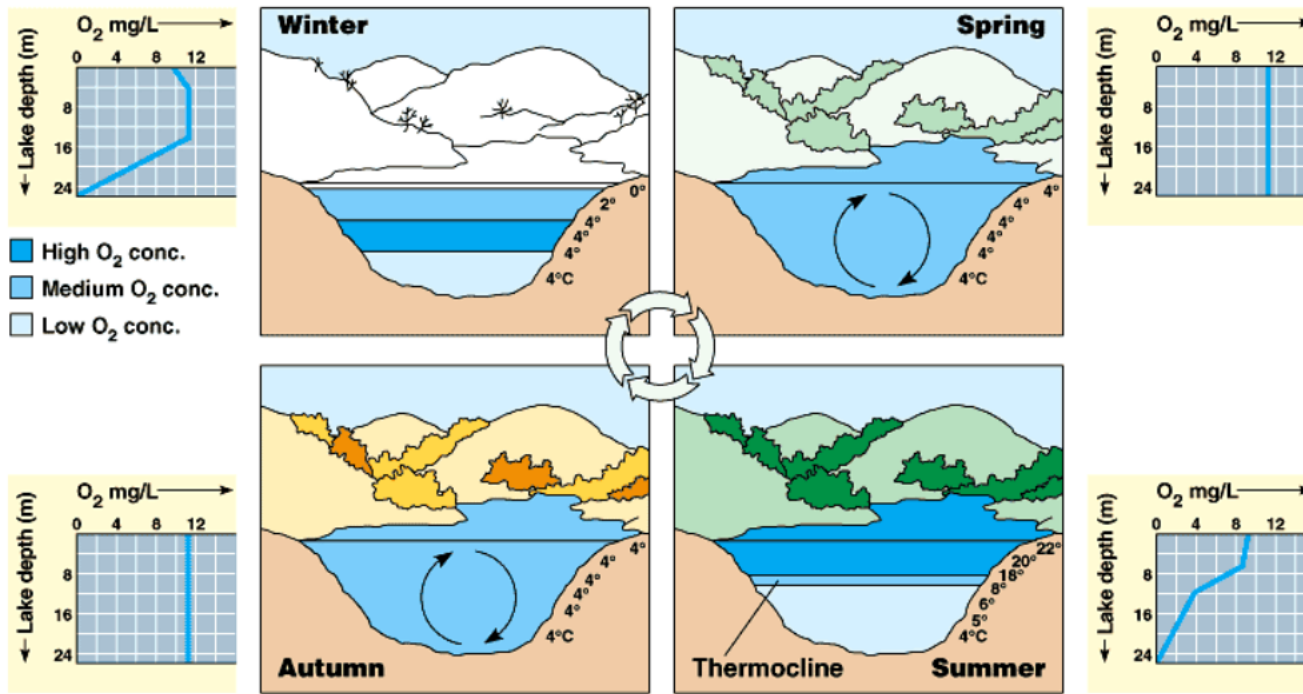


Типичные шахтные воды в Талвиваара

Сульфаты, SO_4

- Нормальные концентрации:
 - Морская вода 3000 мг/л
 - Сульфатные почвы 2000 мг/л
 - Средняя конц. в финских озерах 3,8 мг/л
- Опасная концентрация для пресноводных видов от 500 мг/л
- ПДК для питьевой воды 250 мг/л

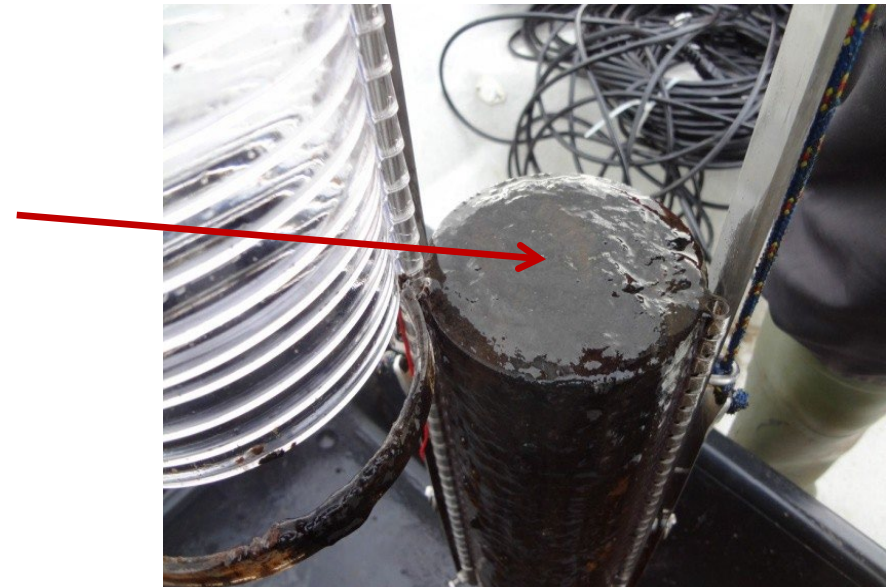




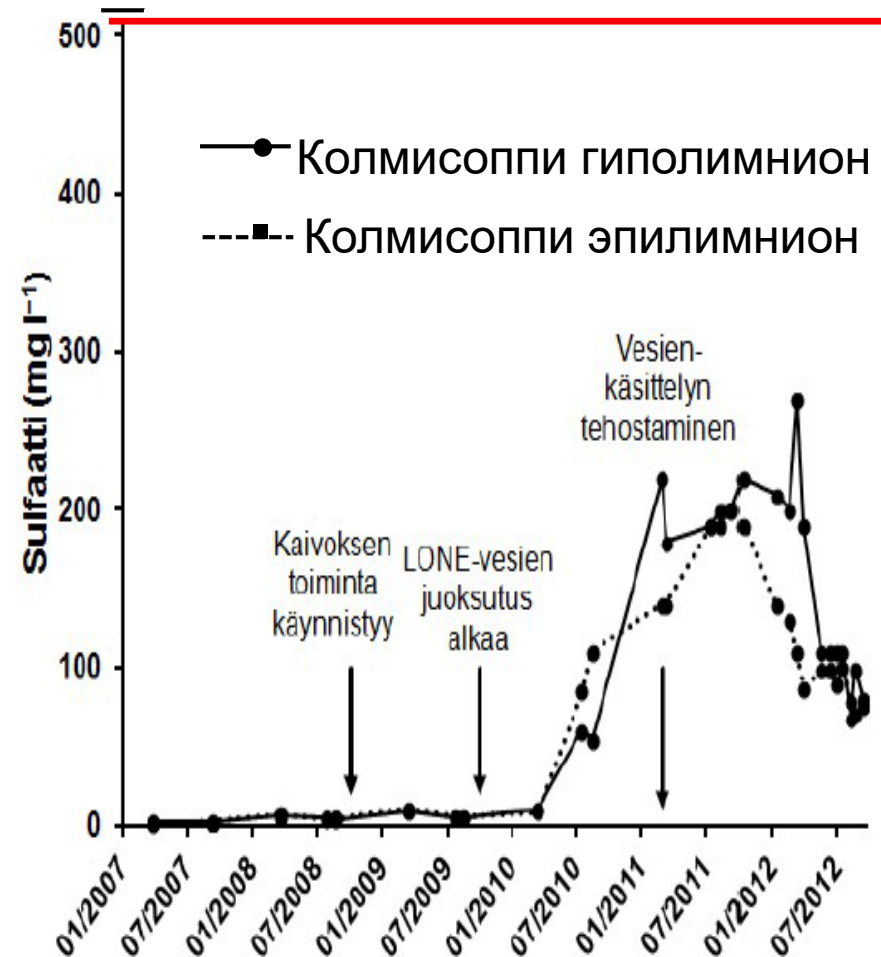
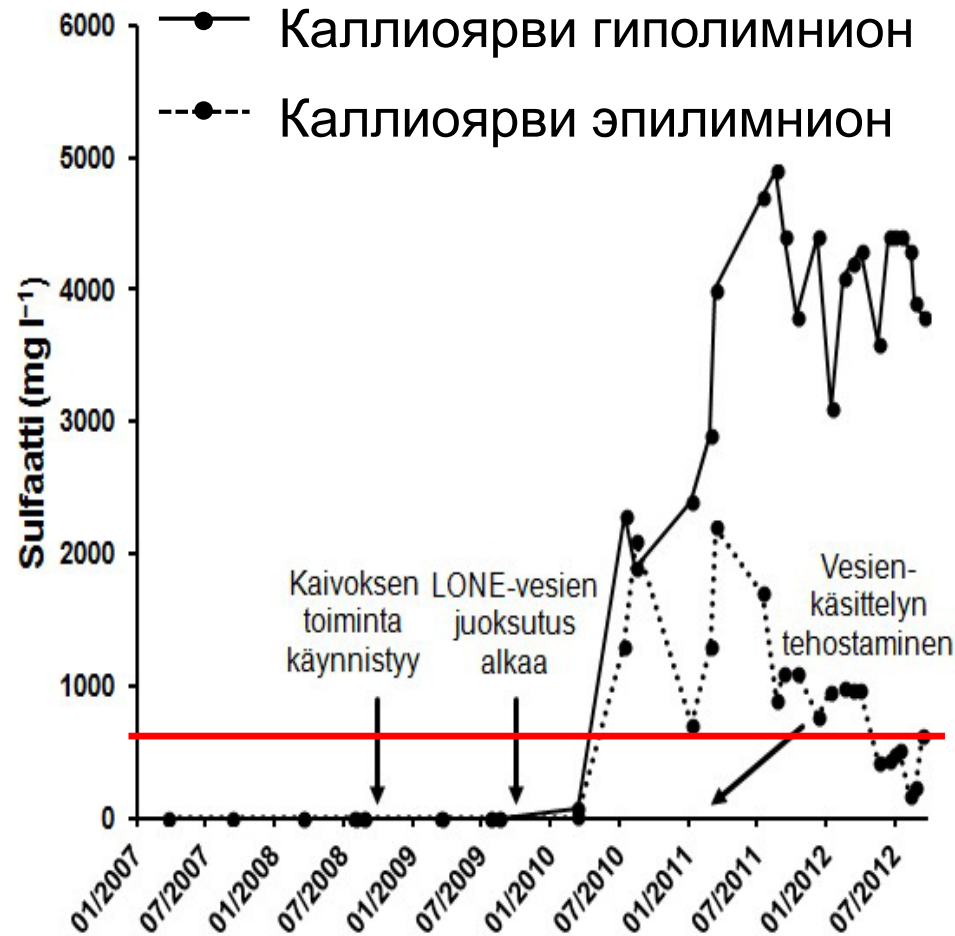
Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

Изменения в циркуляции озер!

- **Плотная, соленая вода => постоянно стратифицированные озера**
 - потребление кислорода в придонном слое
 - изменения в придонной фауне
- Изменения в экосистеме
- Засоление изменяет распределение видов
 - в некоторых местах имеется 1/3 солоноватой воды
 - виды водорослей (диатомовые)



Сульфаты и озера (L.Kalliojärvi 30 ha, L. Kolmisoppi 200 ha)



Ratava P. 2013. JY.

 = опасно для пресноводной биоты

Авария с утечкой из гипсового бассейна в ноябре 2012 г.

Контекст

- Интенсивные осадки летом 2012 г.
 - Низкое испарение и медленные процессы в рудных хвостах
 - Избыток технологической воды в на участке.
 - Технологические воды закачали в гипсовый бассейн, НЕ приспособленный для слабокислых вод
- Прорыв полиэтиленовой пленки и выделение шахтных вод (рН 3, высокие концентрации сульфатов и тяжелых металлов)



Авария с утечкой из гипсового бассейна в ноябре 2012 г.



- Шахтные воды
1,2 млн. м³
- Никель 2000 кг
- Цинк 1000 кг
- Уран 70 кг
- Кадмий 2 кг

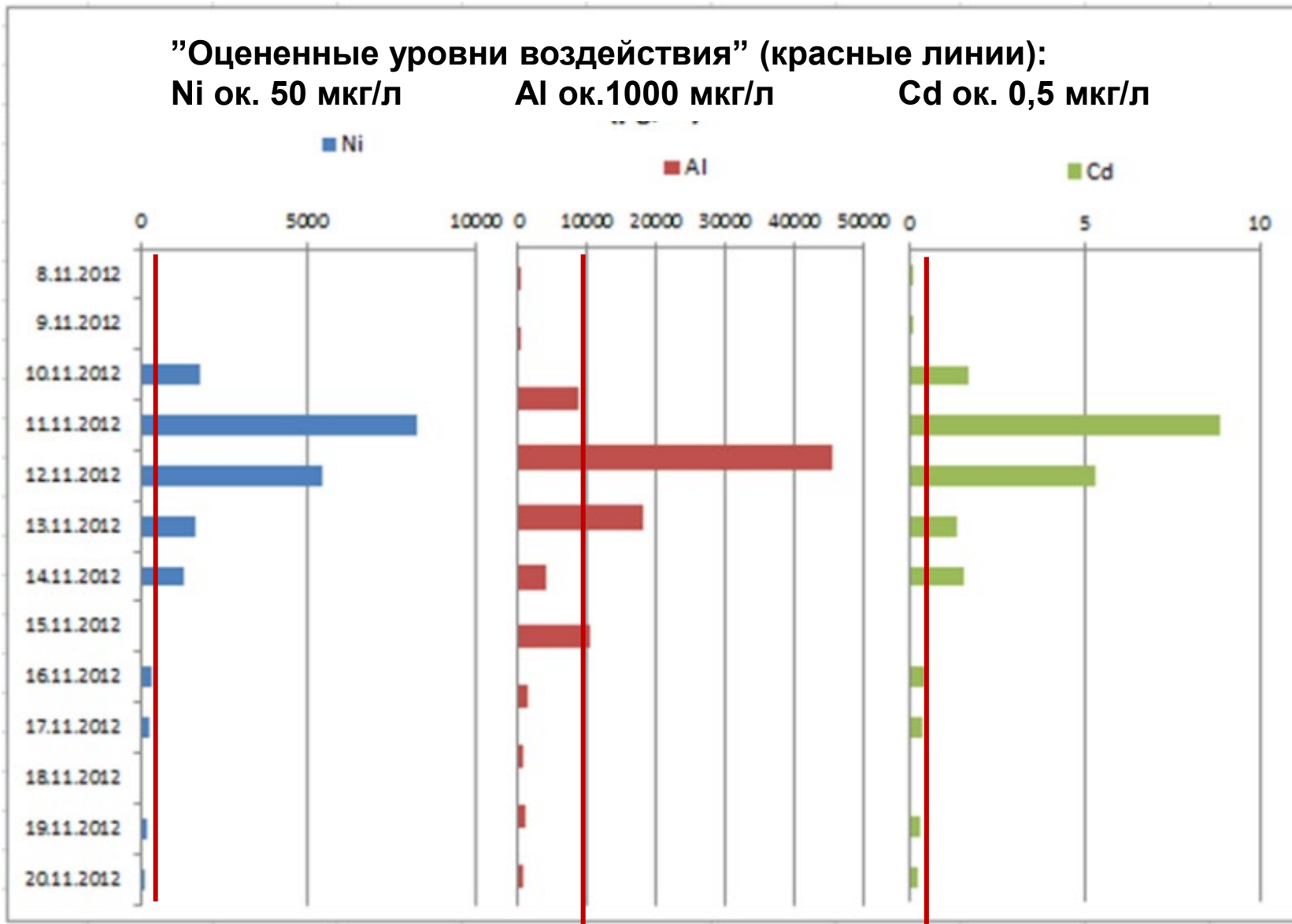
Выброс к югу - Лумияоки 8.-20.11.2012

”Оцененные уровни воздействия” (красные линии):

Ni ок. 50 мкг/л

Al ок.1000 мкг/л

Cd ок. 0,5 мкг/л



Оценка воздействий (февр. 2013) сброса из Талвиваары 11/2012 в поверхностные воды

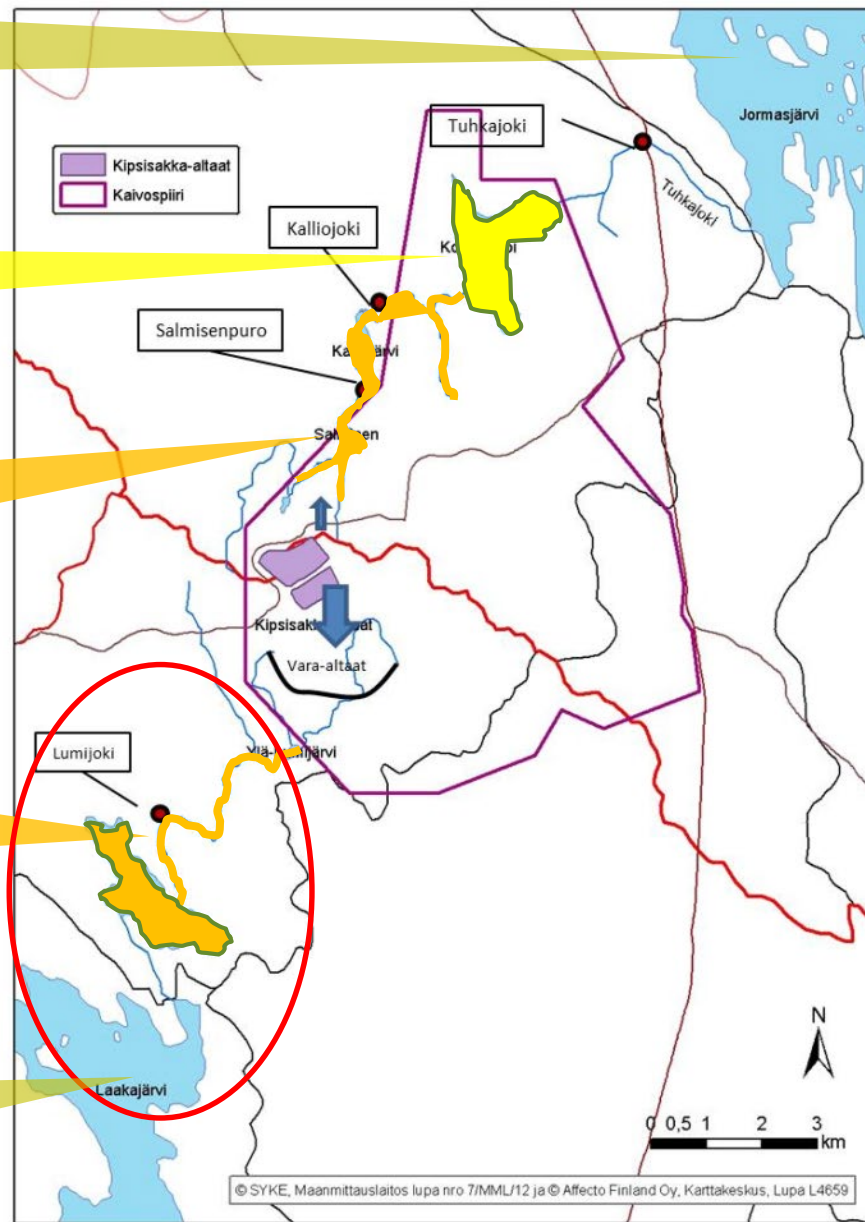
Оз. Яормасярви (2200 га)
Слабое загрязнение более ранними сбросами, **не из-за данного разлива**

Оз. Колмисоппи (200 га)
Загрязнено, можно ожидать воздействий

Оз. Салминен (10,5 га)
оз. Каллиоярви (30 га)
Серьезно загрязненная территория, острые воздействия

Оз. Кивиярви (125 га): "охранник" по пути на юг

Оз. Лаакаярви (3400 га)
Слабое загрязнение более ранними сбросами, **не из-за данного разлива**



Jobs

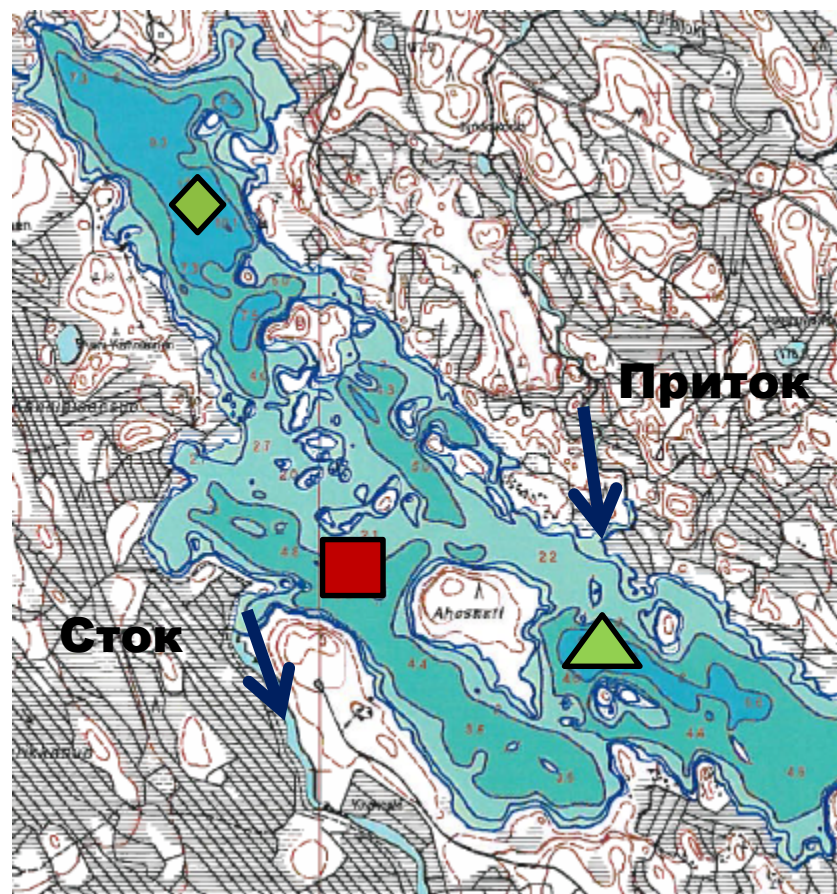
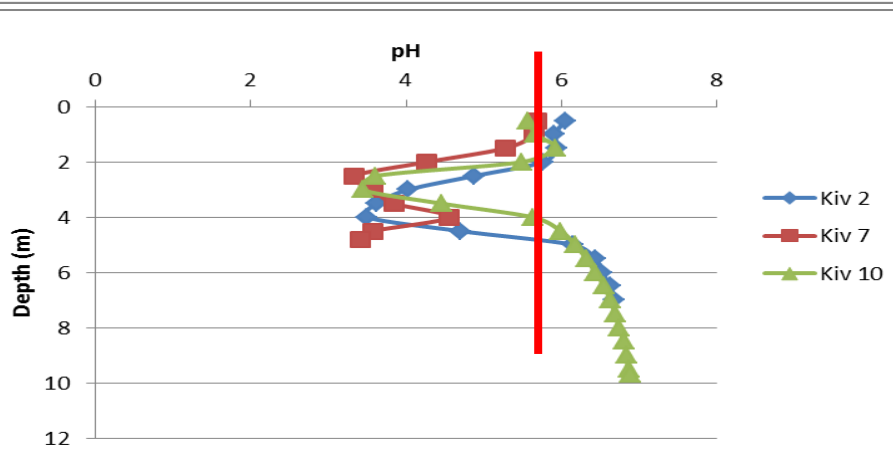
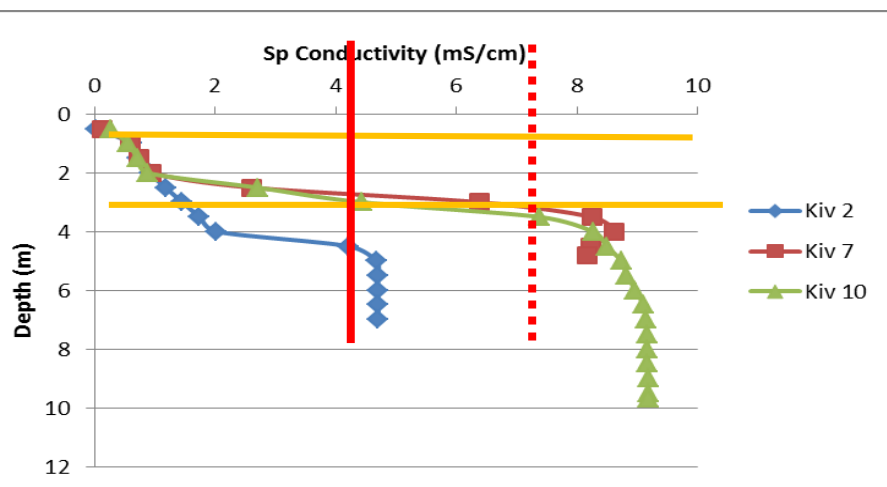


Union

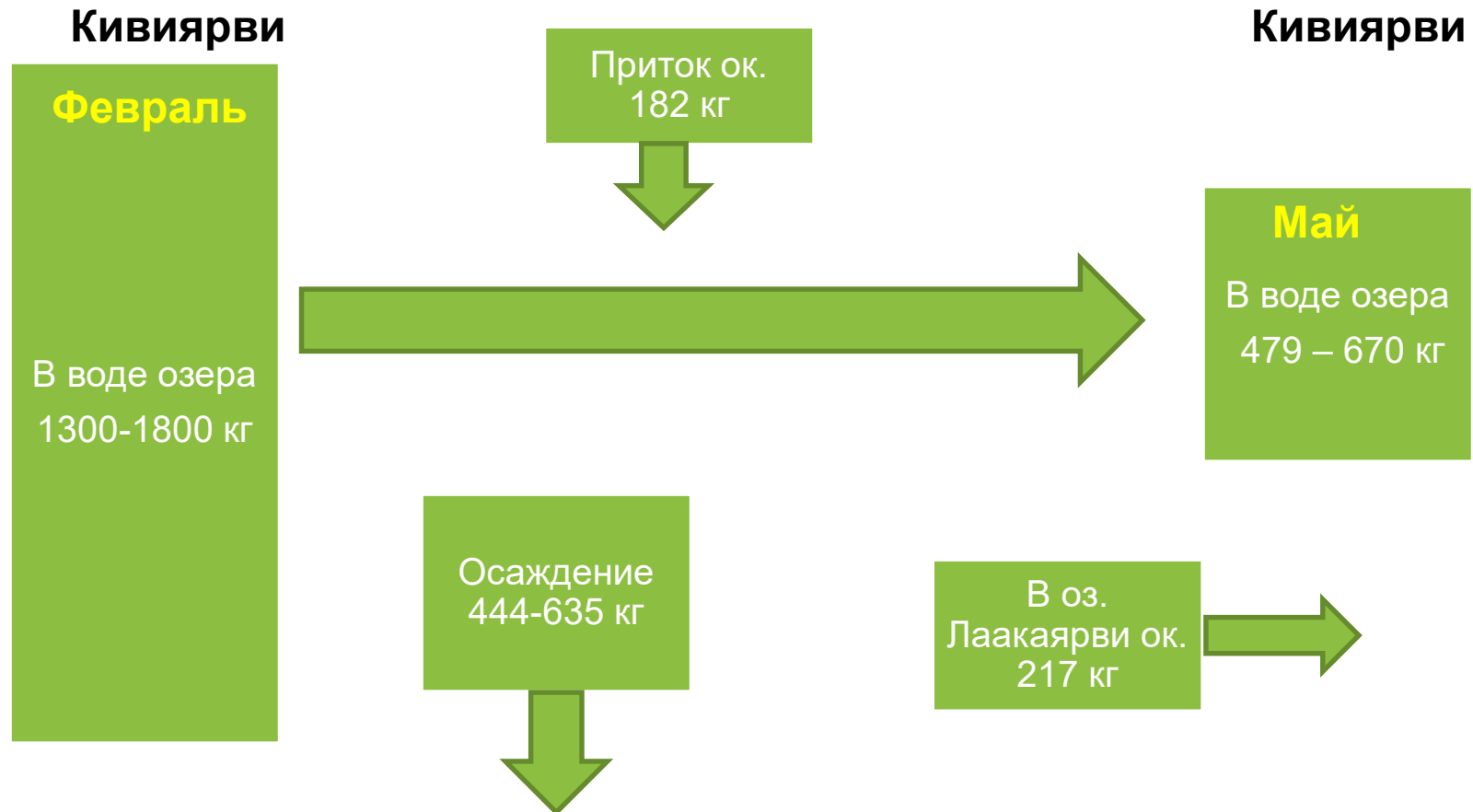
al
d

Экологический статус оз. Кивиярви (февр. 2013)

- В нормальных весенних условиях, талая вода пересекает озеро (на глубине озеро было ранее серьезно засолено)
- Коктейль из металлов и кислотность на глубине 2-4 м ■
- Наибольшее количество около стока Kiv7 (НЕ в самом глубоком Kiv 10)
- Металлы могут проталкиваться дальше поскольку дополнительный сброс из шахты минерализован - 4-7 мС/см



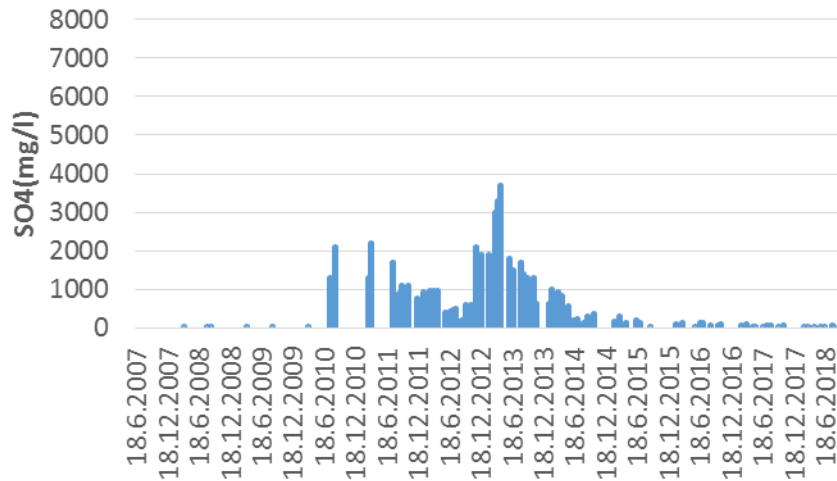
Но что же действительно произошло с никелевыми массами в оз. Кивиярви



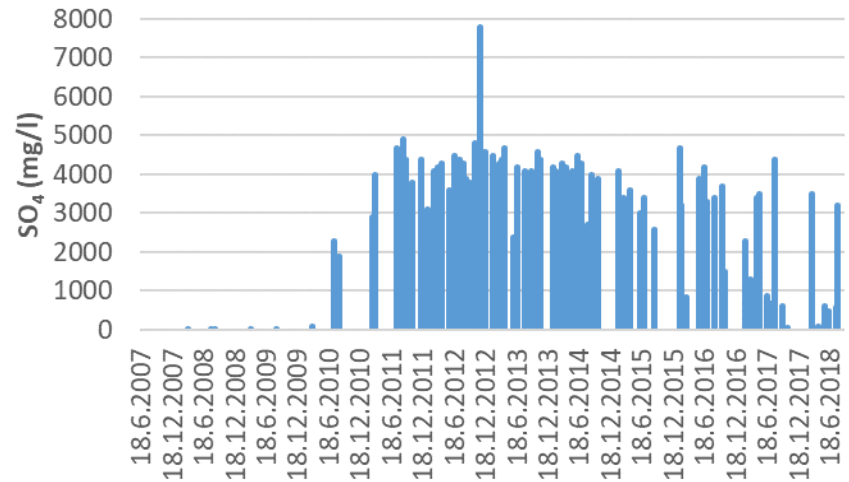
Текущий статус

- Озера Салминен и Каллиоярви по-прежнему стратифицированы
 - Оз. Каллиоярви ниже 3,5 м (15-20 % общей площади)
- Озеро Кивиярви - стратифицированы два самых глубоких бассейна (10-15 % общей площади)

Kalliojärvi, epilimnion



Kalliojärvi, hypolimnion



Сбросы шахтных вод и
устойчивость озер под
воздействием

Как измерить
воздействия на озера?

Возможности для
восстановления озер, на
которые подействовали
шахтные воды

Управление и восстановление
поверхностных водных объектов,
принимающих шахтные воды -
(KaiHali) 2015-2018

Сбросы шахтных вод и
устойчивость озер под
воздействием

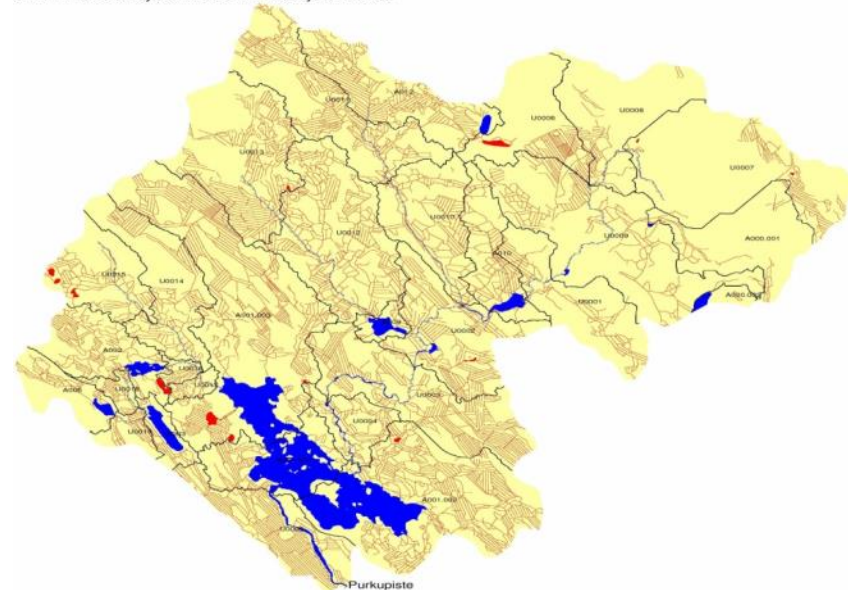
Как измерить
воздействия на озера?

Возможности для
восстановления озер, на
которые подействовали
шахтные воды

Улучшение модели разбавление и смешения шахтных вод в системе VEMALA

- Моделирование нагрузки и разбавления зависит от количества воды и времени пребывания в цепи озеро-река
- В модели VEMALA используется сеть водных объектов с шириной более 2 метров.
- Охватывает всю Финляндию:
 - Более 110 000 рек / ручьев и 30 000 озер

SYKE-WSFS aluejako 04.645 A=altaat ja U=uomat

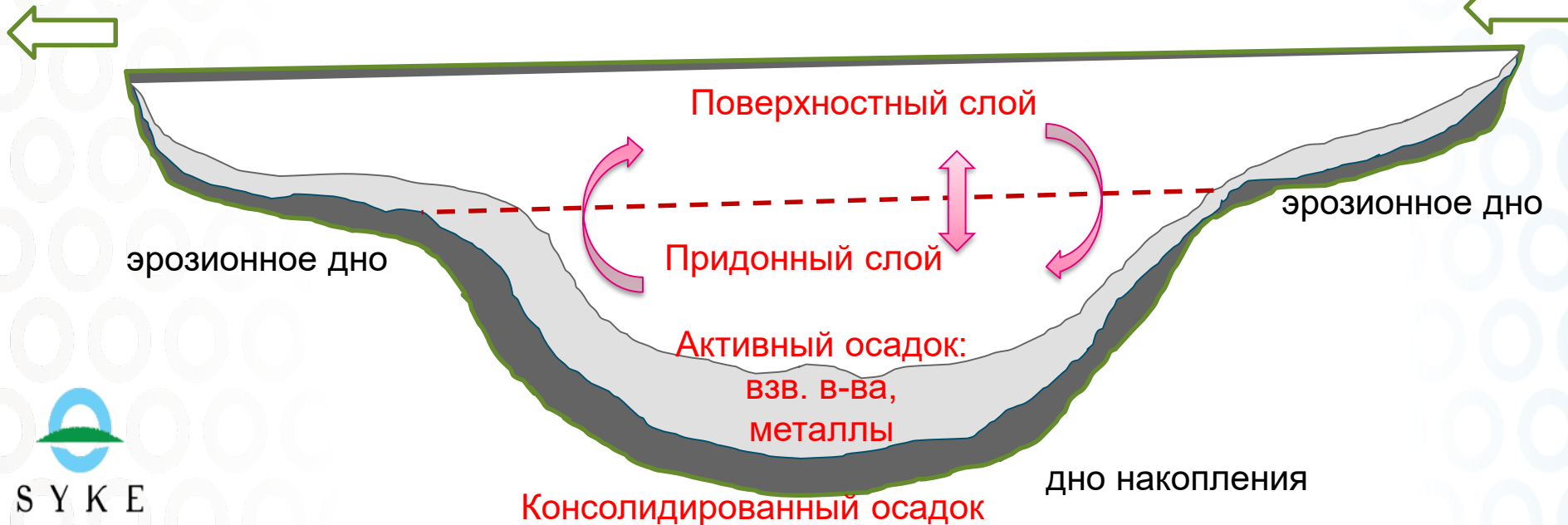


2-уровневая модель озера

- Разработка 2-уровневой модели озера для удержания:
 - 0-2 м: поверхностный слой
 - 3- макс. глубина: глубокий слой с учетом осаждения и смещения.
 - Термоклин на глубине 2 м: Учитываются смешение (↻) весной и осенью в зависимости от температуры воды и диффузия (↕)

Нагрузка на выходе

Внешняя нагрузка



SYKE

Моделирование для сульфатов

➤ Кивиярви разделили на 3 бассейна и 2 слоя.



**Кивиярви
эпилимнион**



**Кивиярви
гиполимнион**



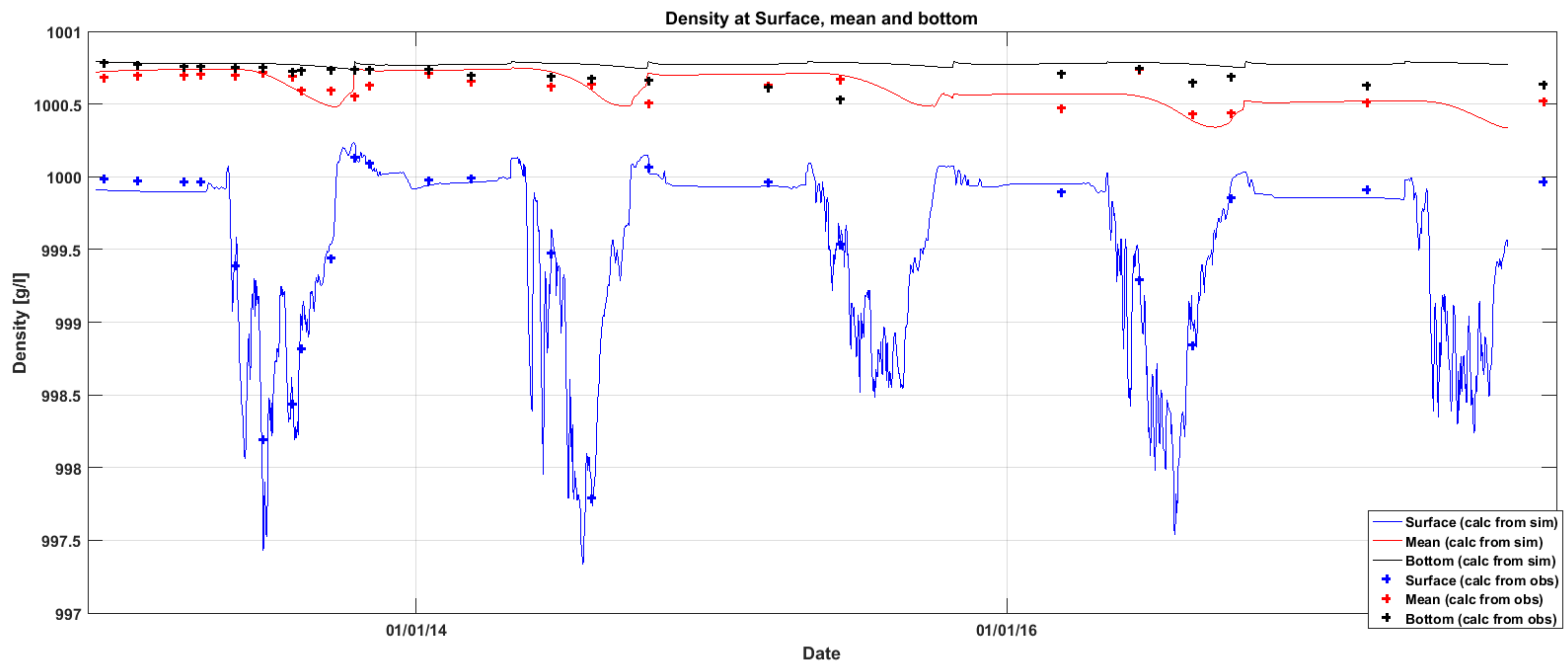
**Лумияоки 4
(Выше по
течению)**



**Кивияоки 4
(Ниже по
течению)**

Дальнейшее моделирование стратификации по модели MyLake

- Моделирование стратификации по модели MyLake
- Модель MyLake можно объединить с VEMALA



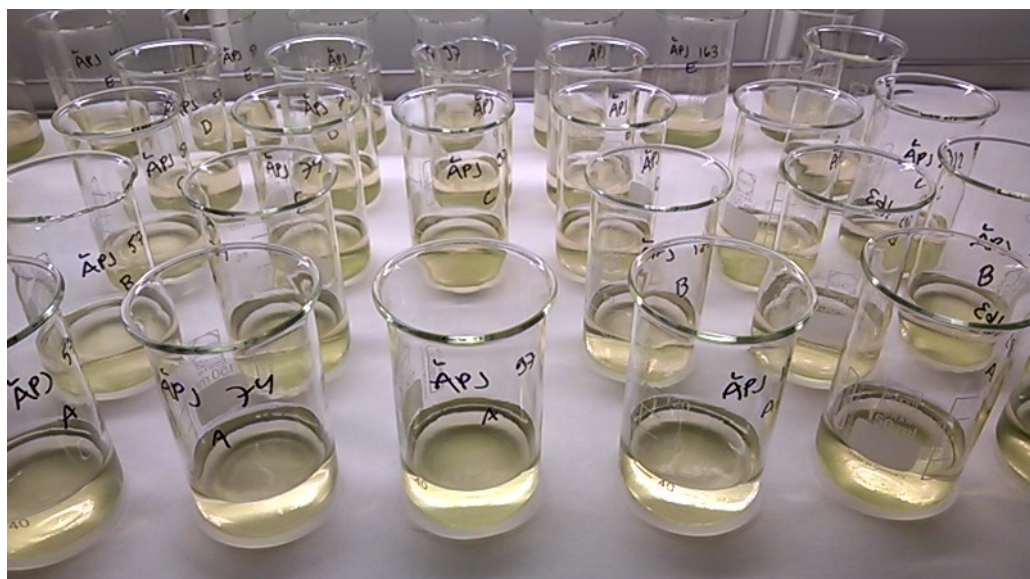
Сбросы шахтных вод и
устойчивость озер под
воздействием

Как измерить
воздействия на озера?

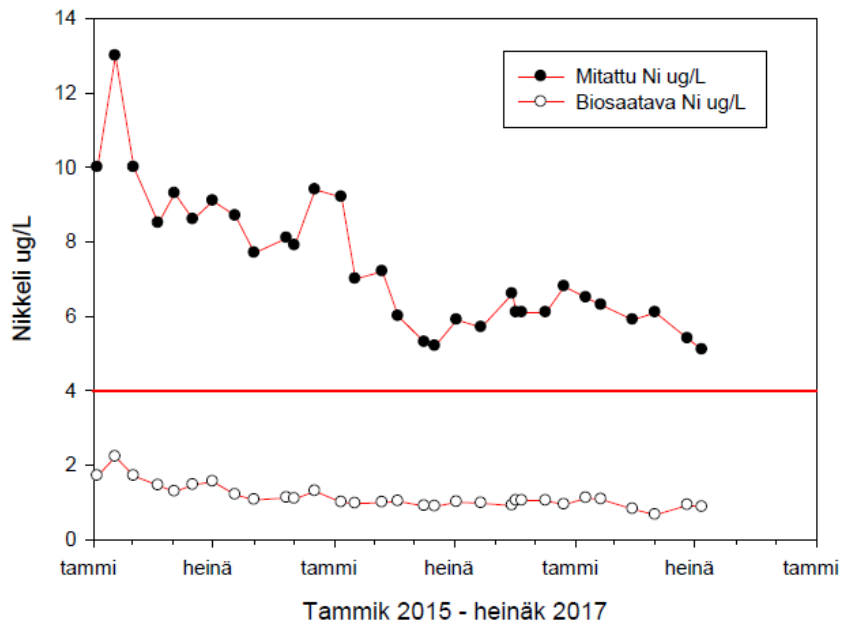
Возможности для
восстановления озер, на
которые подействовали
шахтные воды

Разработка моделей биолигандов

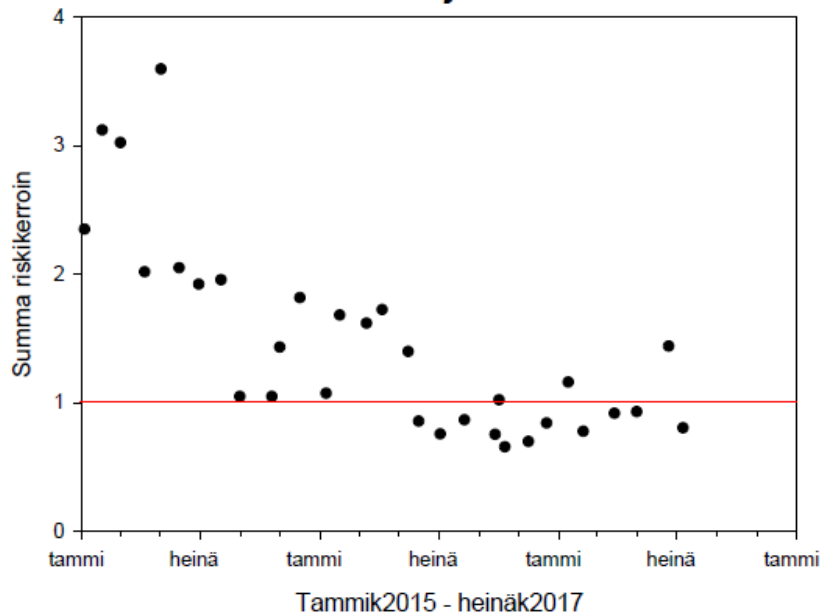
- Демонстрация простых моделей оценки риска ЕС для металлов
 - Местные стандарты экологического качества для Ni, Cu, Zn
 - Минимальные параметры качества воды; pH, раств. кислород, Ca
 - Демонстрация аддитивных моделей для металлов



Lumijoki, Silta



Lumijoki



Summa: Ni, Zn, Cu, Cd

Programme for Sustainable Growth and Jobs

Leverage from
the EU
2014–2020



European Union
European Regional
Development Fund

Сбросы шахтных вод и
устойчивость озер под
воздействием

Как измерить
воздействия на озера?

Возможности для
восстановления озер, на
которые подействовали
шахтные воды

Можно ли удалить сульфаты и металлы при помощи микроорганизмов в озерных отложениях и в торфе?

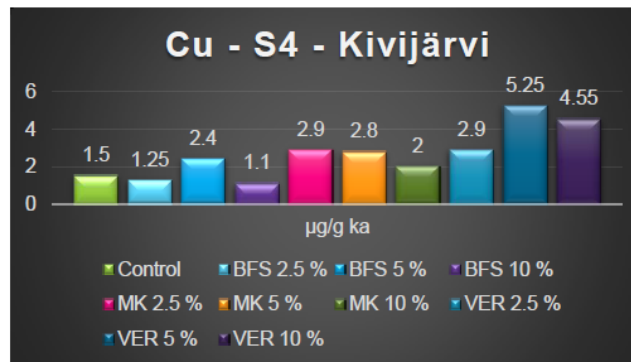
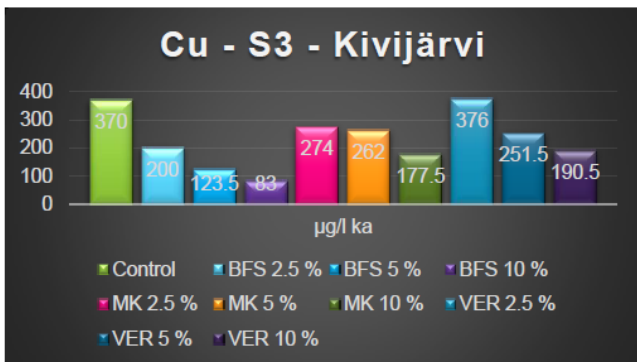
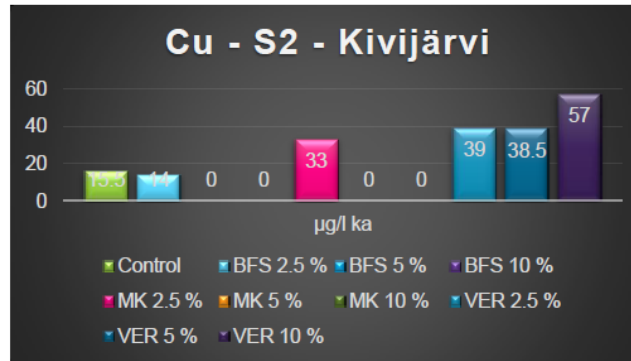
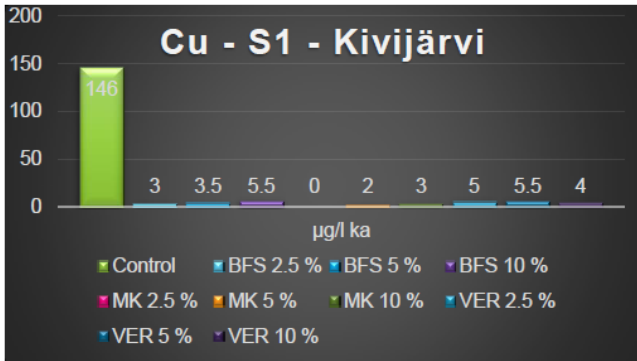
- Неочищенная шахтная вода + осадок + торф
 - Добавление углеводов и окислов железа
 - Образование сульфидов
 - Инкубация в течение нескольких недель



Предварительные результаты

- Половину сульфатов удалили при инкубации отложений
 - Добавленные углеводы восстановили сульфат
- Почти все Zn и Ni были связаны в ходе инкубации отложений
- Мощное выделение фосфора
- Инкубация торфа не работает
 - Слишком низкий pH

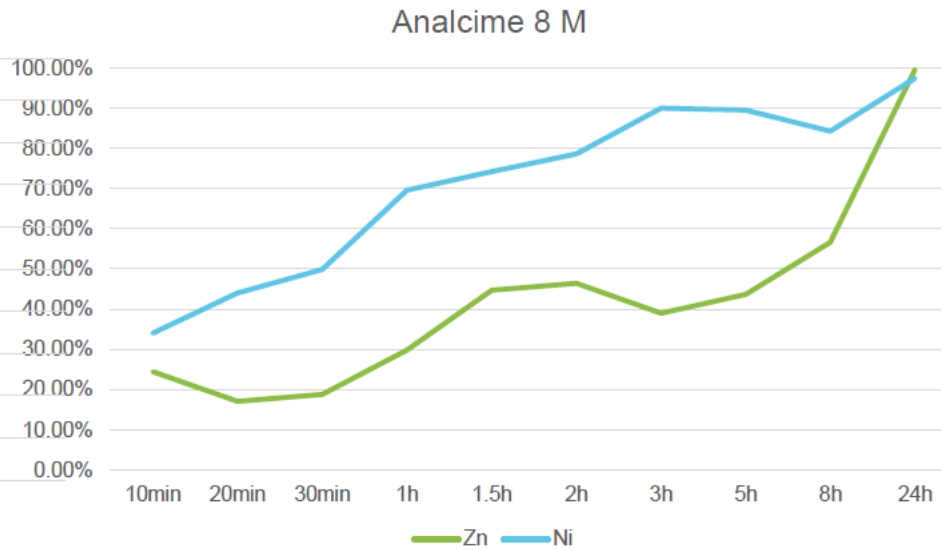
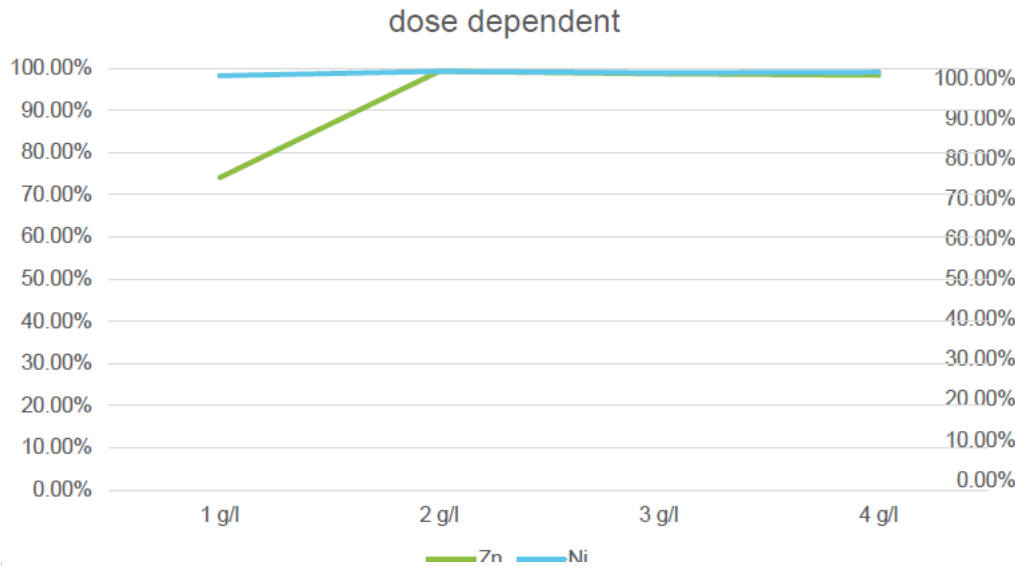
Можно ли удалить металлы геополимерами?



- Used method is BCR-extraction with four steps (acid soluble, reductive, oxidizing and residue)
- Examined metals Ti, Cr, Cu, Zn, As, Sr, Cd, Ba, U, Ni, Al and Fe (on slide for Cu)
- Blast-furnace slag geopolymer is found to be most efficient adsorbent for these metals

Adsorbent development

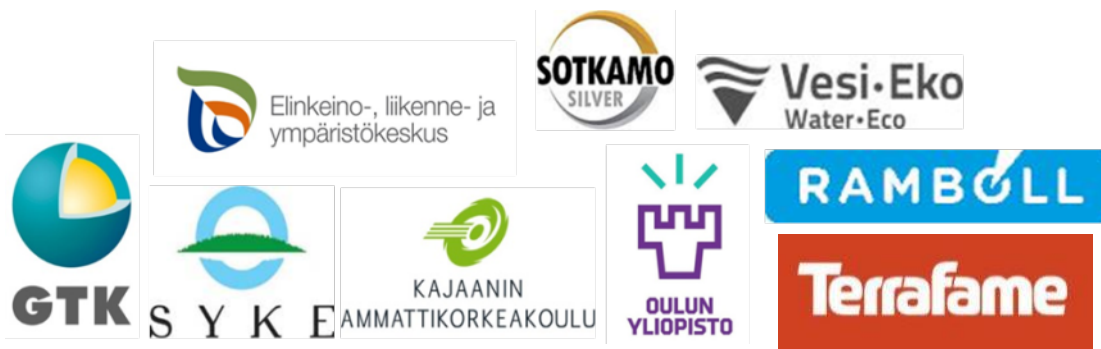
metal removal tests, analcime geopolymer 8 M NaOH



Выводы

- Шахта Талвиваара и связанные с ней сбросы стоков привели к постоянной стратификации близлежащих малых озер
- Аварии на гипсовом бассейне привели к выделению опасных веществ в близлежащие водотоки
- Озера медленно восстанавливаются, но по-прежнему отчасти необходимы активные меры восстановления, чтобы устранить стратификацию и удалить некоторые загрязненные отложения из наиболее близко расположенных прудов и водно-болотных угодий
- Авария стимулировала разработку моделей и инструментов оценки для оценки других экологических катастроф или угроз

Спасибо за внимание!



Programme for Sustainable Growth and Jobs