



KIMMO JÄRVINEN

SISÄILMAKULKEUTUMISEN RISKIARVIOINTI

RAMBOLL

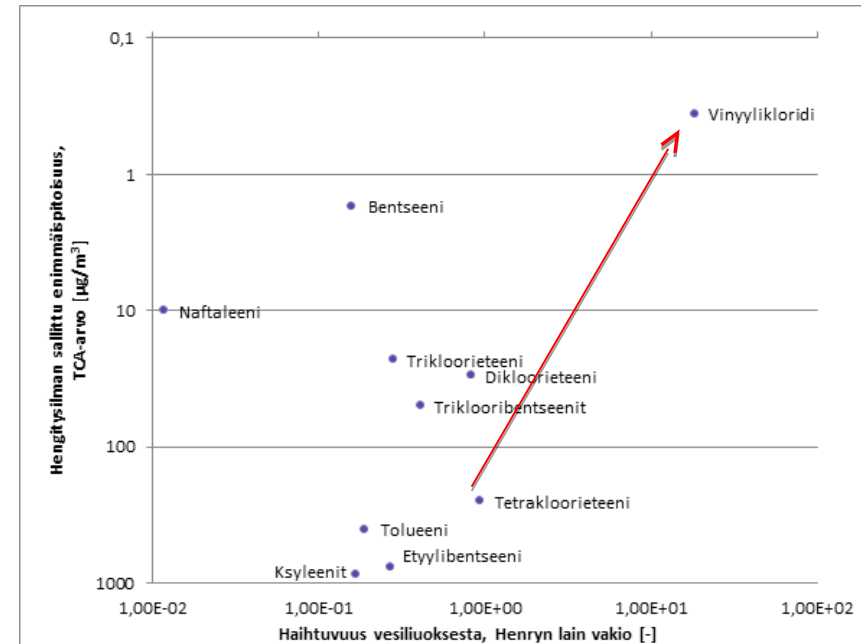
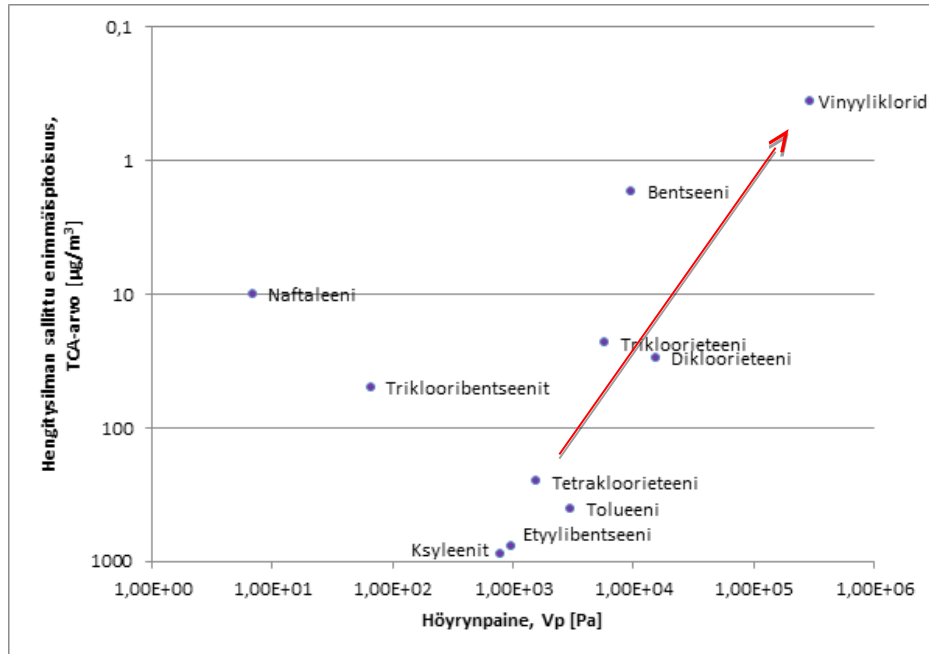
MUTKU-PÄIVÄT 17.3.2016



NYKYTILANNE

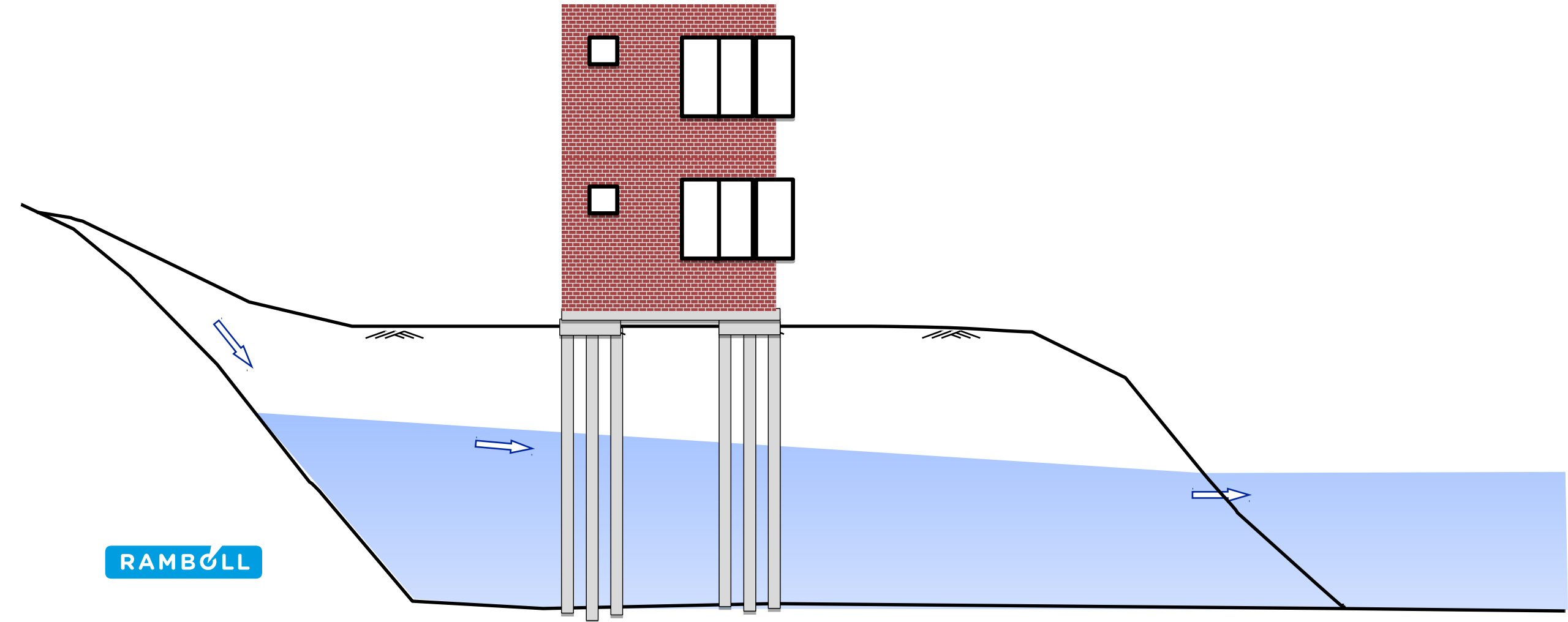
TAUSTA

- Kloorauttuja eteenejä kaupunkialueilla useissa kohteissa maaperässä, huokoskaasussa ja pohjavedessä
- Pitoisuudet ovat usein varsin pieniä: muutamia $\mu\text{g/l}$ tai kymmeniä $\mu\text{g/l}$
- Riskinarvoinneissa saadaan lähes aina vinyylikloridista laskennallinen terveysriski sisäilmassa



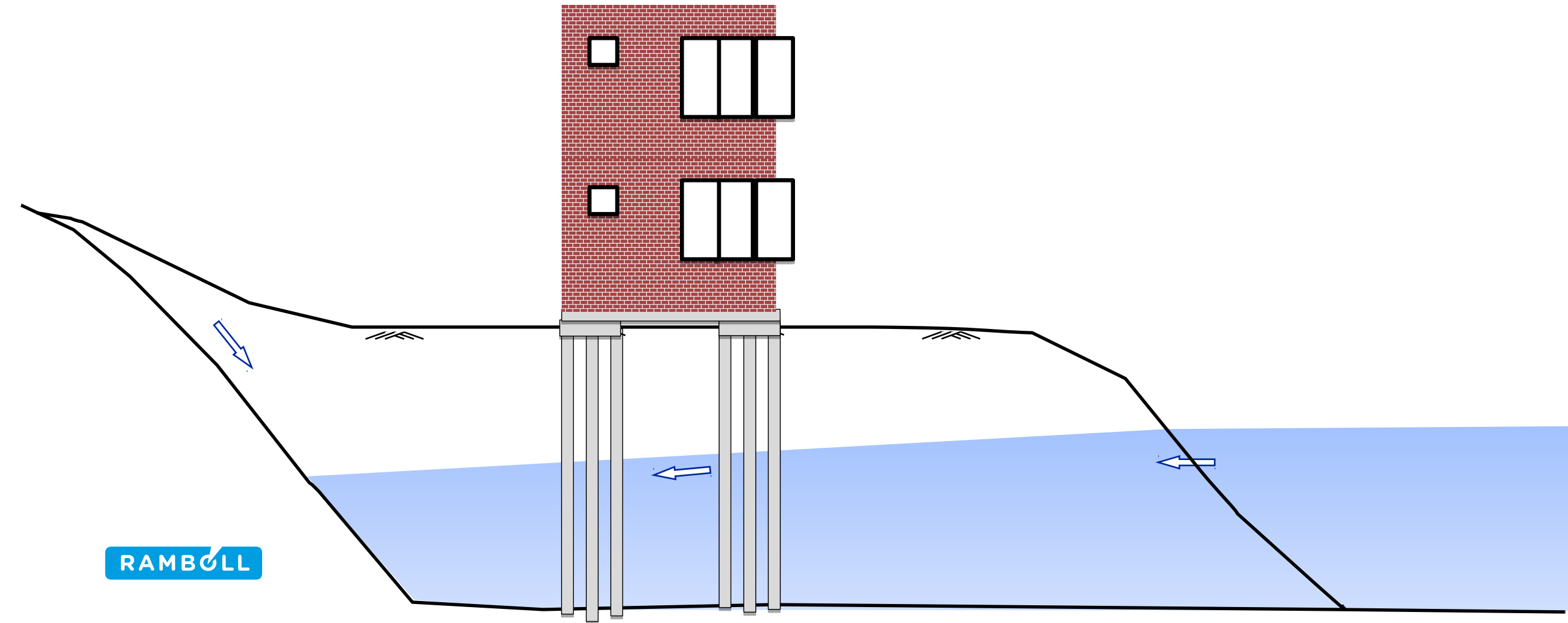
POHJAVEDEN LIIKKUMINEN RANTA-ALUEILLA

- Normaalisti pohjavesi valuu alaspäin sisämaasta merelle



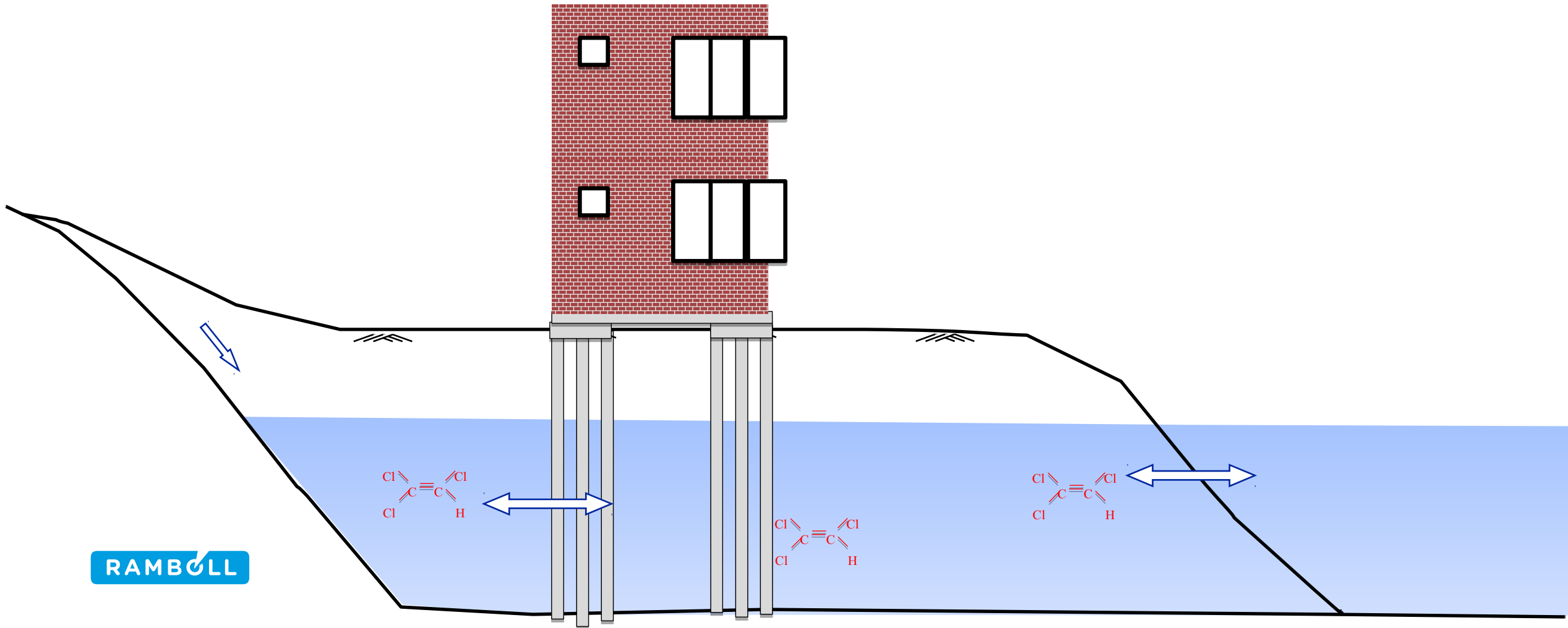
POHJAVEDEN LIIKKUMINEN RANTA-ALUEILLA

- Kun merenpinta nousee, pohjavesi virtaa mereltä maalle



POHJAVEDEN LIIKKUMINEN RANTA-ALUEILLA

- Lopputulos: pohjavesi velloo ja kuljettaa haitta-aineita edestakaisin
- Pohjaveden puhdistaminen on käytännössä mahdotonta järkevillä kustannuksilla ja aikataululla

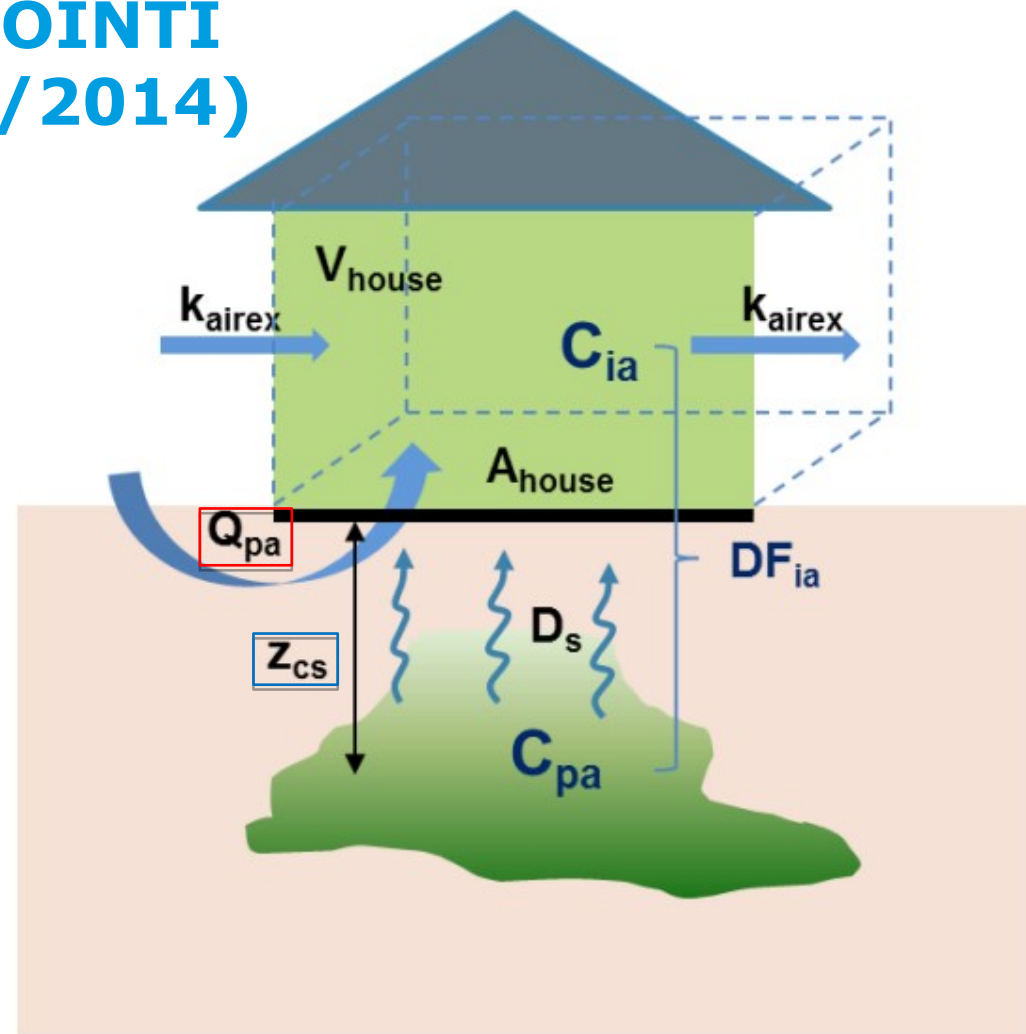


SISÄILMAKULKEUTUMISEN ARVIOINTI (YMPÄRISTÖHALLINNON OHJE 6/2014)

Laimenemiskerroin: huokosilma – sisäilma

$$DF_{ia} = \frac{Q_{pa}}{V_{house} \cdot k_{airex}} \cdot \frac{A_{house} \cdot D_s}{Q_{pa} \cdot z_{cs} + A_{house} \cdot D_s}$$

- Käytännössä rakennuksen alapohja läpi sisään tuleva vuotoilma (Q_{pa}) on ongelmallisin termi
 - Ohjeen vuotoilman oletusarvot perustuvat 1990-luvulla pientaloista tehtyihin radontutkimuksiin
 - Uusista asuinkerrostaloista koko termiä ei tunneta lainkaan
- Myös termistä z_{sc} (etäisyys rakennuksen pohjalaatasta pilaantumaaan) saivarrellaan:
 - Etäisyys laatan ylä- vai alapinnasta?



Kuva 16. Esimerkki sisäilman pitoisuuden laskennallisesta arvioinnista liitteessä 9 esitettyjen kaavojen avulla. Q_{pa} = rakennuksen alapohjan läpi sisään tuleva vuotoilmavirta; k_{airex} = rakennuksen ilmanvaih-
tokerroin; A_{house} = rakennuksen pohjan ala; V_{house} = rakennuksen tilavuus; z_{cs} = etäisyys rakennuksen
pohjalaatasta pilaantumaaan; D_s = diffuusiokerroin maaperässä; DF_{sw} = laimenemiskerroin huokosilman ja
sisäilman välillä; C_{pa} = pitoisuus huokosilmassa päästölähteessä; C_{sw} = pitoisuus sisäilmassa.

ALAPOHJAN VUOTOILMAN OLETUSARVOT

Radontutkimuksista saatujen kokemusten perusteella tehty kolme luokkaa:

Suuri riski, $Q_{\text{ground}} = 50 \text{ m}^3/\text{d}$

- rinnetalot, joissa osa seinistä on maanalaisia ja joissa portaikko muodostaa avoimen käytävän kerrosten välillä.
- maavaraisella perusmuuri ja laatta-perustuksella varustetut vuoden 1980 jälkeen rakennetut talot ja talot, joissa perusmuuri on kevytbetonia.
- talot, joissa maavarainen lattia on useassa tasossa.

Vähäinen riski, $Q_{\text{ground}} = 5 \text{ m}^3/\text{d}$

- reunavahvistetulle laatalle rakennetut talot.
- talot, joissa on tuuletettu ryömintätila.
- talot, joiden maanalaiset perustukset on rakennettu ennen vuotta 1968.
- talot, joissa on kellari ilman suoraa kulkureittiä asuinkerrokseen.

Muut rakennukset, keskinkertainen riski, $Q_{\text{ground}} = 12 \text{ m}^3/\text{d}$

Uusissa asuinkerrostaloissa ei periaatteessa ole alapohjan kautta tulevaa vuotoilmaa.

- Suomen rakennusmääräysten osan D2 määräyksen 2.1.3 Terveellisen, turvallisen ja viihtyisän sisäilmaston saavuttaminen tulee varmistaa kun määritetään alapohjan ilmatiivyyttä.
- Rakennusinsinööriliiton ohjeen (RIL 107-2012) mukaan alapohja on tiivistettävä aina, jotta radon, mikrobit ja muut epäpuhtaudet eivät pääse kulkeutumaan haitallisessa määrin sisäilmaan.

Talonrakentajien mukaan vuotoilma tulee ovien ja ikkunoiden raoista. Kävisikö $Q_{\text{ground}} = 0,05 \text{ m}^3/\text{d}$?

ESIMERKKI VUOTOILMAN HERKKYYSTARKASTELUSTA

- Laskettu vinyylikloridin hyväksyttävä pitoisuus pohjavedessä $\mu\text{g/l}$
- Muutettu alapohjan kautta tulevan vuotoilman määrää ja rakennuksen pohjan pinta-alaa

	Vuotoilma	50 m ³ /d	12 m ³ /d	5 m ³ /d	0,05 m ³ /d
Pinta-ala	86 m ²	8	10	13	540
	400 m ²	10	18	32	2400

- Voitaisiin muuttaa montaa muutakin parametriä...

TOINEN TAPA ARVIOIDA SISÄILMAAN KULKEUTUMINEN, VOLASOIL

2.1.4 Flux from crawl space to indoor air

Within VOLASOIL, an air flux is derived for the flux from the crawl space through the gaps, cracks and holes in the floor. This air flux (F_{ci}) can be estimated by:

$$F_{ci} = \frac{f_{of}^2}{n\pi \cdot 8\eta} \frac{\Delta p_{ic}}{L_f} \quad (7)$$

F_{ci} : air flux from crawl space through floor to indoor space

[m³/m².h]

f_{of} : fraction openings in the floor

[m²/m²]

η : dynamic viscosity of air

[Pa.h]

n : number of openings per floor area

[m⁻²]

Δp_{ic} : air pressure difference between indoor space and crawl space

[Pa]

L_f : floor thickness

[m]

Aukkojen osuus lattiassa

Aukkojen lukumäärä

Paine-ero sisätilan ja alapohjan välillä

The contaminant flux to the indoor air can be estimated as follows:

$$J_{c_i} = F_{ci} \cdot C_{ca} \quad (8)$$

J_{c_i} : convective flux from crawl space to indoor air space

[g/m².h]

F_{ci} : air flux from crawl space to indoor space

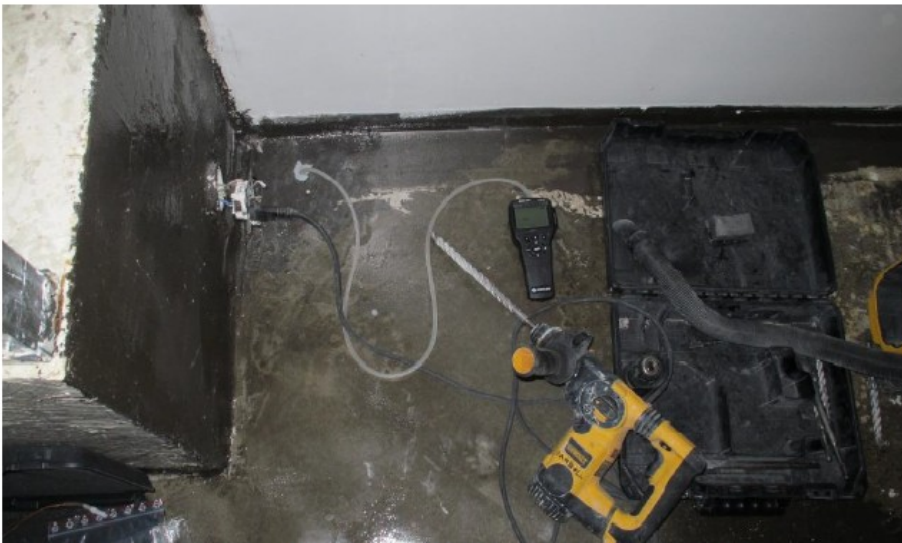
[m³/m².h]

C_{ca} : concentration in crawl-space air

[g/m³]

VUOTOKOHTIEN SELVITTÄMINEN: MERKKIAINETUTKIMUS

- Tehdään 10...15 Pa alipaine sisäilmaan ulkoilmaan nähden
- Mitataan paine-ero alapohja-sisäilma
- Syöteään merkkiainetta (5 tai 10 % vetyä + loput typpeä) alapohjaan
- Mitataan sisätilasta pitoisuus merkkiaineanalysaattorilla
- Mittaus yleensä "kohde"/työvuoro; <2000 € (+ raportointi)
- **Tunnistetaan alapohjan vuotopaikat**, mahdollista myös arvioida vuodon suuruusluokkaa



Eteinen, huonetilan ja alapohjatilän välinen paine-eromittaus



merkkiainekoepaikka



Putkien läpivientikohdassa havaittiin nauhamainen ilmavuoto



TULEVAISUUS: RISKINHALLINTA RAKENTEELLISIN RATKAISUIN UUSISSA TALOISSA

ALAPOHJATYYPPIEN JAOTTELU

1. Ryömintätilaiset

- > 800 mm tila, jossa mahtuu liikkumaan

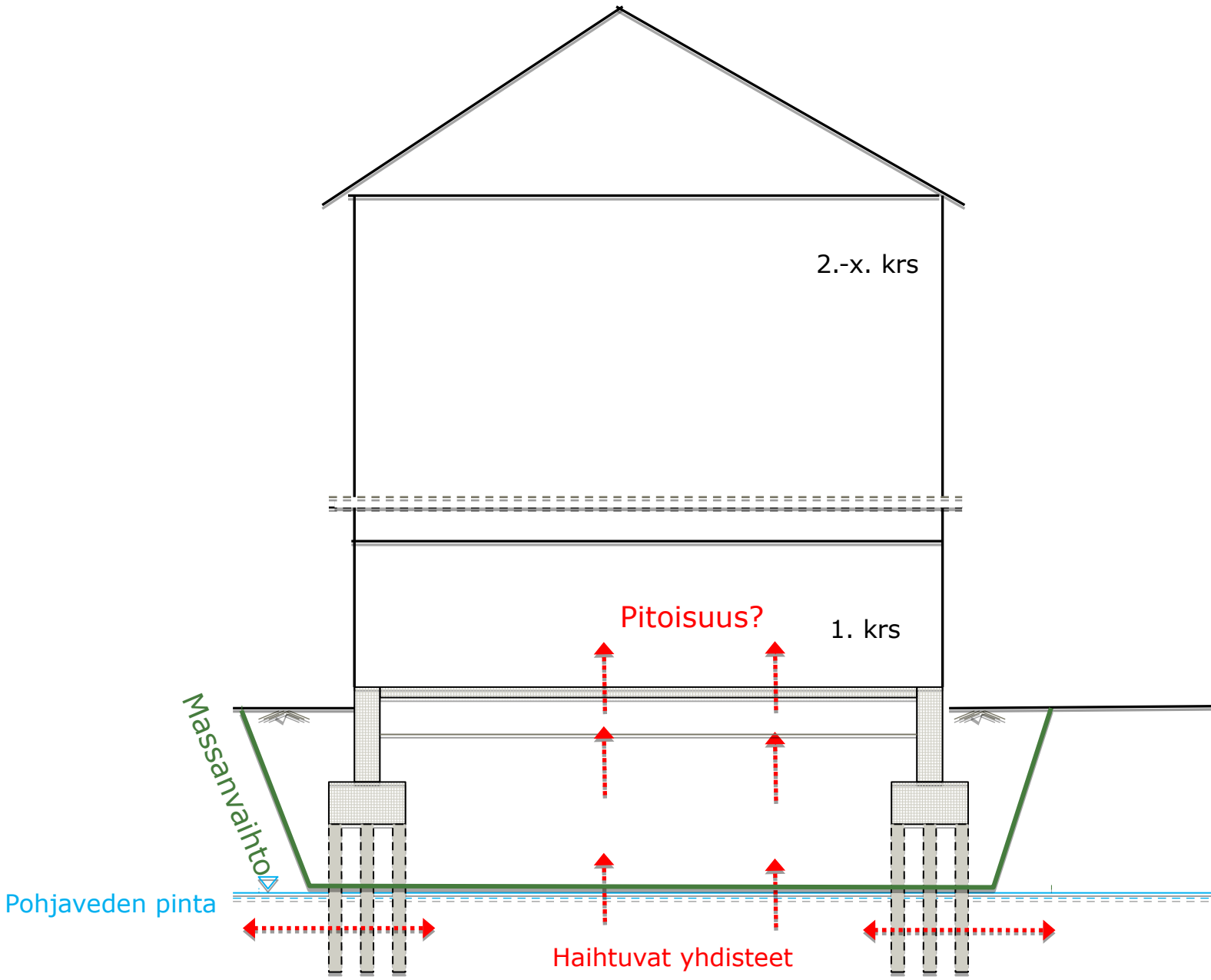
2. Maanvastaiset

- Laatta voi olla joko kantava tai ei; tässä yhteydessä asialla ei ole merkitystä
- Voi olla varustettu radonputkilla

3. Autohallilliset

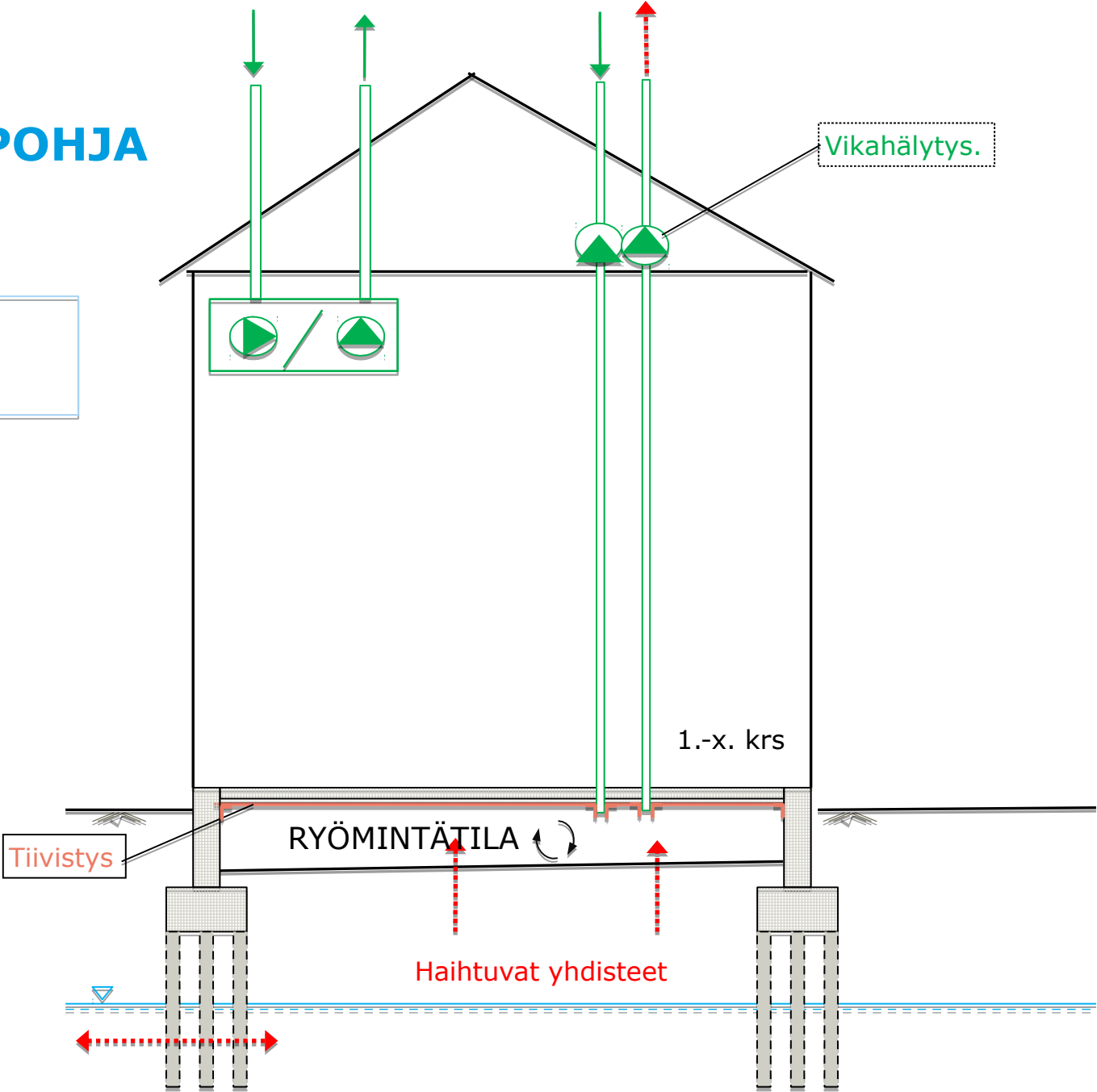
- Pysäköinti alimmassa kerroksessa

KÄSITTEELLINEN MALLI



RISKINHALLINTARATKAISU 1: KONEELLISESTI TUULETTU ALAPOHJA (RYÖMINTÄTILA)

 Haihtuvien yhdisteiden reitti

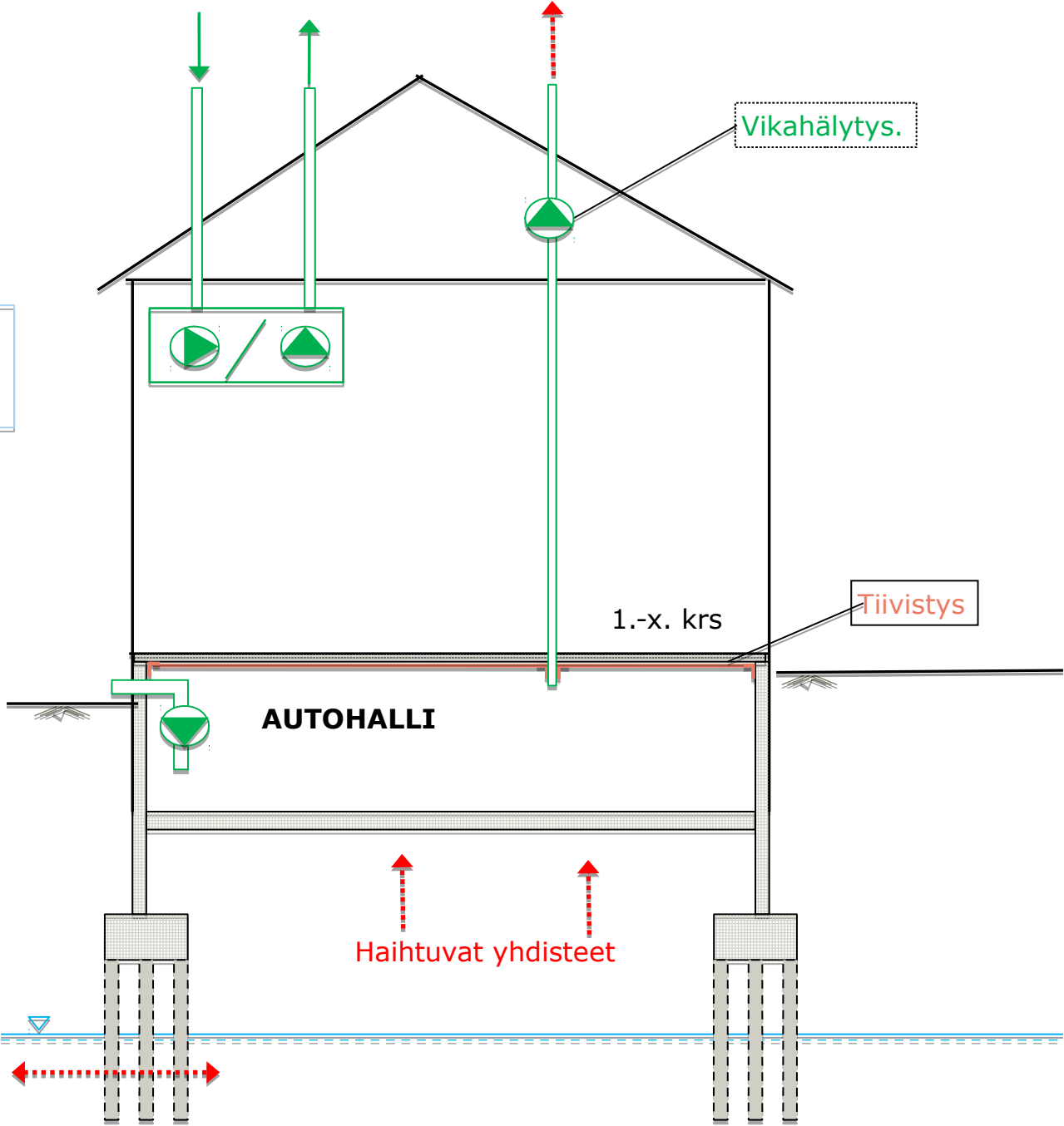


◀ Haihtuvien yhdisteiden reitti



RISKINHALLINTARATKAISU 3: AUTOHALLI

 Haihtuvien yhdisteiden reitti

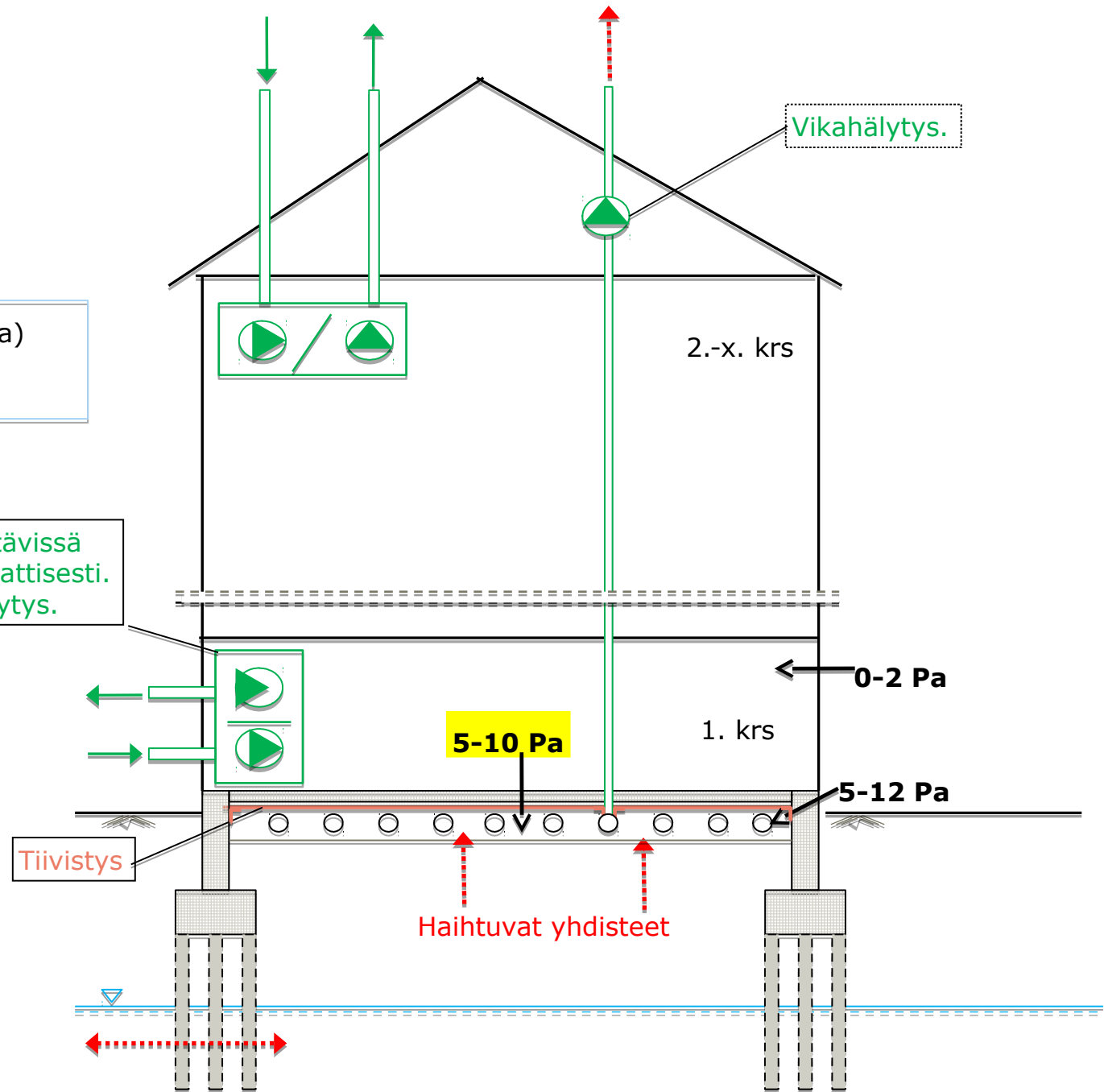


SAAVUTETTAVAT PAINE-EROT ERI RATKAISUISSA

← Osoittaa paine-eron suunnan (=ilman virtauksen suunta)
↖ Haihtuvien yhdisteiden reitti

- Mitoitetaan pakkaskelin mukaan

Säädettävissä
automaattisesti.
Vikahälytys.



TOIMIVUUDEN OSOITTAMINEN MITTAUKSIN

PAINE-ERO

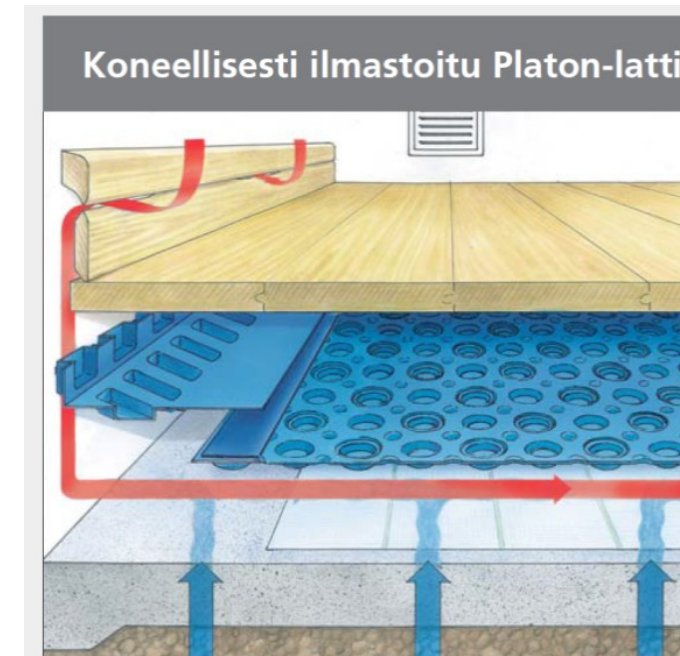
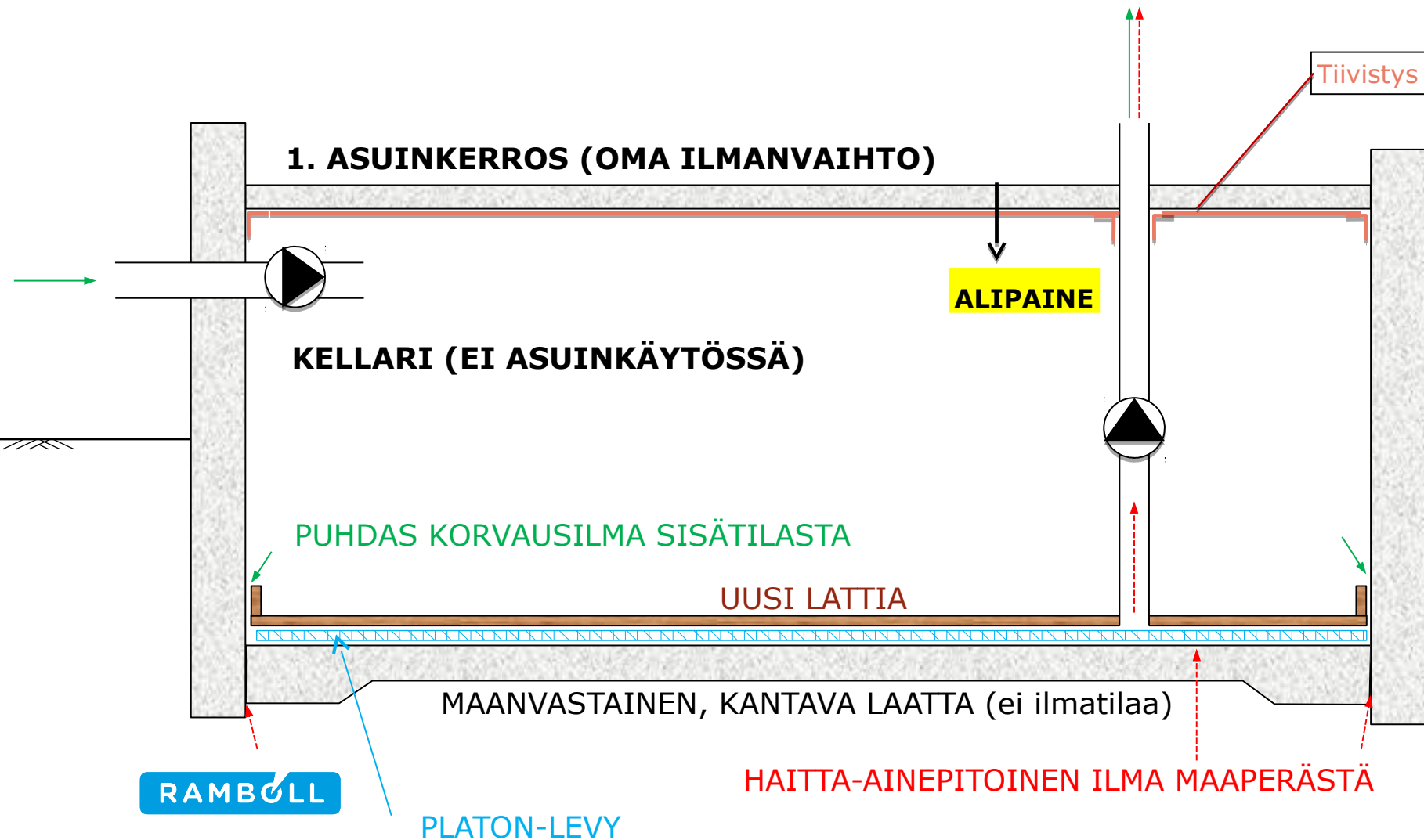
- Voidaan mitata ilmanpaine sekä alapohjassa että sisäilmassa, jos alapohjassa on sopiva yhde
- Kertamittauksia eri sääolosuhteissa
- Jatkuvatoiminen automaattinen mittauksin mahdollinen valmiissa rakennuksessa

HAITTA-AINEET

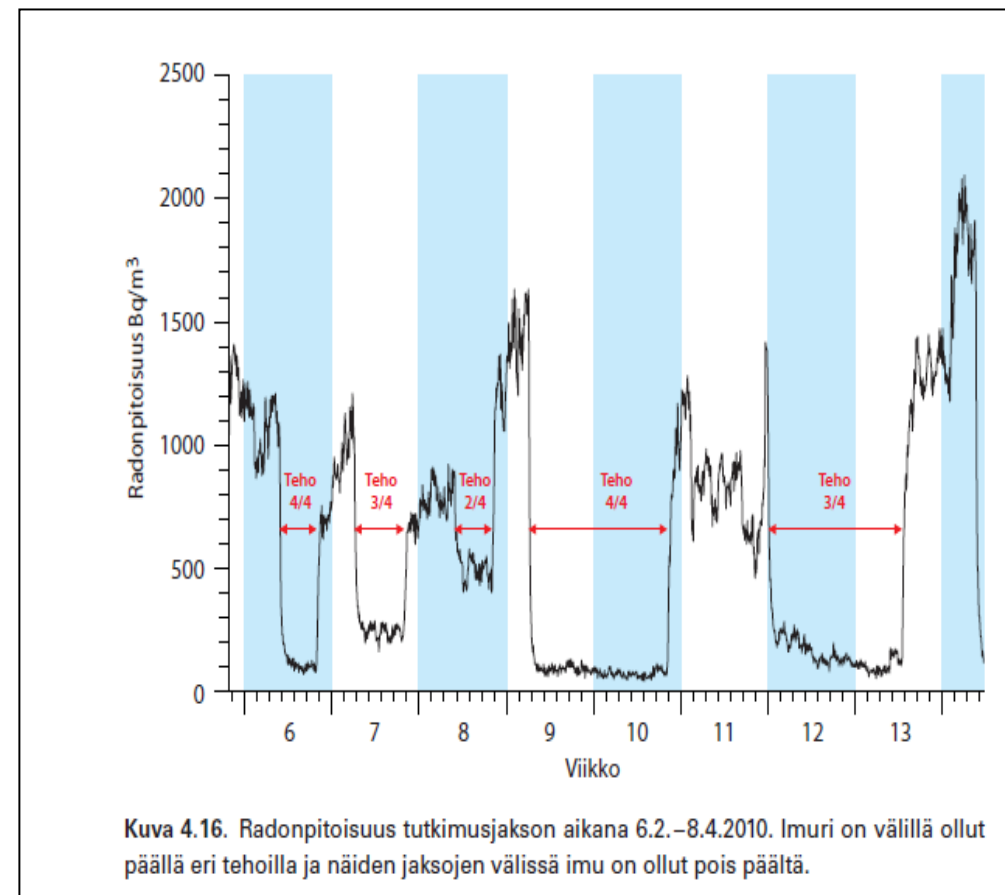
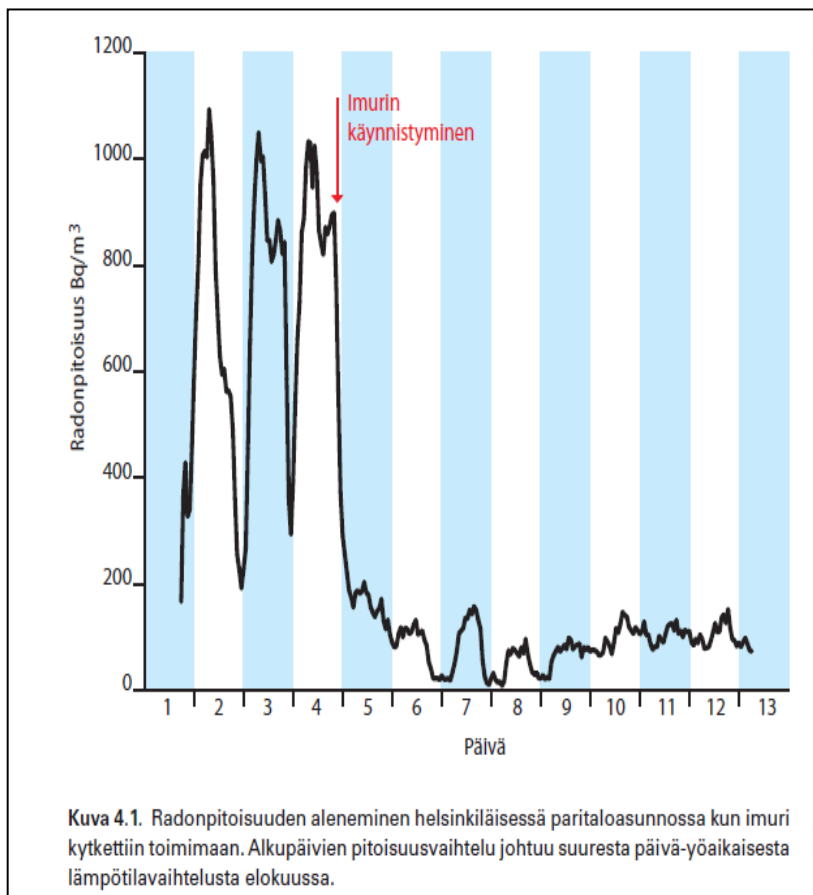
- Voidaan mitata haitta-aineen pitoisuus sekä alapohjassa että sisäilmassa, jos alapohjassa on näytteenottomahdollisuus
- Passiivikeräin (keräysaika 1 vko) antaa pienentää hetkellisen pitoisuusvaihtelun merkitystä
- Vinyylikloridin keräämiseksi ei ole passiivikeräimiä -> kertonäyte pumppaamalla -> hetkellinen vaihtelu vaikuttaa pitoisuuksin
- Kuinka pian rakennuksen valmistumien jälkeen kannattaa mittaus tehdä, jos alapuolinen pima on poistettu? Koska tasapaino tila saavutetaan?

PERUSKORJAUS: MAANVASTAINEN LATTIA HAASTAVA

(Maanvastainen lattia uusiin rakennuksiin vain radonputkituksella, jos alla haihtuvia haitta-aineita)



ESIMERKKI RADONIMURIN TOIMINNASTA VANHOSSA TALOISSA





NÄKEMYKSIÄ

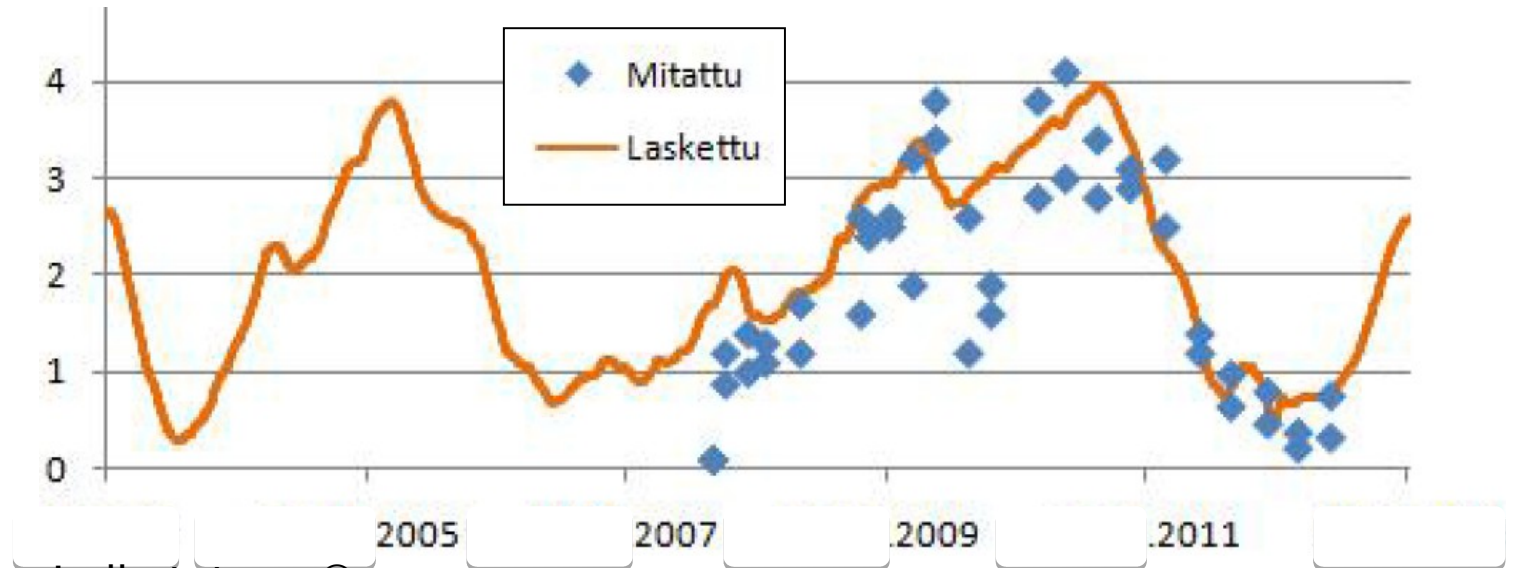
VIELÄ POHDITTAVAA

- **Miten toimitaan jos poistopuhallin hajoaa, alapohjaan muodostuu ylipaine?**
 - Vikahälytín nopeuttaa korjaamista
 - Terveysriskejä ei välttämättä muodostu, vaikka paine-ero olisi lyhytaikaisesti väärinpäin
- **Muistetaanko pitää ilmapainesuhteet oikeina pitkällä aikavälillä?** (*"säästäväinen maallikko isännöitsijä sammuttaa ilmanvaihtokoneen kesäksi"*)
 - Ohjeistus/määräykset
- **Voivatko haihtuvat haitta-aineet kulkeutua alapohjan läpi diffuusiolla?**
 - Erilaisilla pinnoitteilla, kuten epoksideilla, voidaan periaatteessa estää kaikkien tunnistettujen aineiden diffuusio
- **Mikä imago vaikutus on asuinalueen pohjavedessä kulkevilla haitta-aineilla? Vaikuttaako asuntojen myyntiin? Mikä on asunnon myyjän vastuu ja miten se ymmärretään?**
 - Asiallinen ja oikea-aikainen viestintä
 - Sopimuksien sanamuodot selkeitä

YHTEENVETO

Haitta-aineita pohjavedessä

- Huonosti vesiliukoisilla (orgaanisilla) yhdisteillä pitoisuudet vaihtelevat – toisin kuin esim radonilla
- Tuloksia pitää olla ”riittävä” aikasarja, jotta tulkinta olisi luotettava



Riskinarviointi

- On arviointia, laskennan tulos ei voi olla totuus ☹️
- Laskennallisessa arvioinnissa pitää tehdä herkkyystarkastelu, jolla selvitetään kuinka paljon eri tekijät vaikuttavat laskennan lopputulokseen

JOHTOPÄÄTÖKSET

- **Perinteinen lähestymistapa: puhdistaminen**
 - *"pyritään puhdistamaan maaperä- ja pohjavesi riippumatta siitä, minkälainen talo rakennetaan"*
- **Vaihtoehtoinen lähestymistapa: rakenteellinen riskinhallinta**
 - Paine-erot, tiiveys, koneellinen ilmanvaihto, riittävä ilmanvaihto
 - RT-ohjekortti 81-11099
 - Pitkäaikainen jälkiseuranta (pitoisuudet huokoskaasussa ja sisäilmassa, paine-erot)
 - *"Estetään sisäilmariskit rakennusteknisesti riippumatta siitä, mikä on pitoisuus maaperässä tai pohjavedessä"*
- **Yleisohje riskinarvionnin suorittamisesta**
 - Kaikkien ohjeessa (6/2014) esitettyjen laskentayhtälöiden (ja menetelmien) soveltuvuus kohteeseen pitää arvioida AINA!
 - Jos jokin ohjeen yhtälö tai menetelmä ei sovellu, ei sitä pidä käyttää.
- **Ohjeistus, miniseminaarit...**

VAROVIRKKEET:

Tässä esityksessä ei ole käsitelty haitta-aineiden kulkemista alapohjan läpi diffuusiolla eikä haitta-aineiden aiheuttamia ekologisia riskejä eikä haitta-aineiden kulkeutumista veden mukana eikä altistumista haitta-aineille ulkoilmassa. Ei ole käsitelty myöskään alapohjien kosteusongelmia eikä rakennuksen energian kulutusta.

KIITOS MIELENKIINNOSTA!

Kiitos myös sisältöön keskeisesti vaikuttaneille

Satu Järvinen, Helsingin kaupunki

Jussi Reinikainen, Suomen ympäristökeskus

SATOkoti 1 Oy

YIT Rakennus Oy