



TIEN POHJA- JA
PÄÄLLYSRAKENTEET
TUTKIMUSOHJELMA
1994 - 2001

Tutkimusraportti

TPPT 43

Espoo 21.12.2001

HAVAINTOTIEAINEISTON YHTEENVETO



Harri Spooft
VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

ALKUSANAT

Tutkimus on osa vuonna 1994 käynnistynyttä Tien pohja- ja päällysrakenteet -tutkimusohjelmaa (TPPT). Tässä työraportissa on esitetty TPPT-havaintotieaineiston kuvaus ja käyttö. Tutkimus on suoritettu VTT:n Rakennus- ja yhdyskuntatekniikassa. Raportin on kirjannut ja aineiston keräämisestä ja tallentamista on vastannut tutkija Harri Spoof.

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO	3
2	HAVAINTOTIEKOHTEIDEN VALINTA	3
2.1	Valintakriteerit	3
2.2	Tilastollinen koesuunnittelu valinnan perustana	4
2.3	Koesuunnitelmakaaviot (koematriisi)	4
3	AINEISTON KUVAUS	5
3.1	Kohteiden lukumäärä	5
3.2	Havaintotieaineisto	5
4	AINEISTON KÄYTTÖKOHTEET JA TULEVAISUUS	8
	LIITTEET 1 ja 2	

1 JOHDANTO

Tien rakenteellinen vaurioituminen on monitahoinen prosessi, johon vaikuttavat liikenne- ja ilmastorasitukset sekä näiden yhteisvaikutukset samoin kuin tien rakenteelliset ominaisuudet (materiaalit, kerrospaksuudet, pohjamaa). Näiden tekijöiden tunteminen on perusedellytyksenä tierakenteen käyttäytymisen hallitsemiselle sekä vaurioitumismallien laadinnalle. Vaurioitumismallien laadinnassa tarvitaan niin kutsuttua havaintotieaineistoa. Tämä tarkoittaa tieverkolta valittuja osuuksia, joiden kuntotilan kehittymistä seurataan usean vuoden ajan.

Raportissa esitetään aluksi tutkimuskohteiden valintaan liittyvät periaatteet luvussa 2. Tämän jälkeen luvussa 3 kuvataan havaintotieaineistoa ja luvussa 4 esitetään aineiston käyttökohteet ja lopuksi käsitellään havaintotiekohteiden tulevaisuudentarpeita.

2 HAVAINTOTIEKOHTEIDEN VALINTA

2.1 Valintakriteerit

TPPT-havaintotiekohteet ovat alunperin osana pohjoismaisia SHRP-LTPP kohteita. Kohteet on aikoinaan valittu Yhdysvaltojen SHRP-LTPP ohjeiden mukaisesti, millä on varmistettu aineiston yhdenmukaisuus ja vertailukelpoisuus Yhdysvalloista saatavan aineiston kanssa. Vanhimpia kohteita (Ruotsista) on seurattu vuodesta 1985, mutta valtaosa kohteista on valittu seurantaan mukaan vuosina 1990 ja 1991. Seuraavassa on esitetty tärkeimpiä valintakriteerejä:

- aineistoon valittiin vain sellaiset rakenteet, joissa oli yksi tai kaksi asfalttibetoni-päällystekerrosta sitomattomalla alustalla. Mikäli ensimmäisen bitumisorakerroksen päälle oli tehty uusi AB-päällyste kahden vuoden sisällä, kuului kohde 1AB-kokeeseen sillä edellytyksellä, että bitumisorakerros on ollut hyvässä kunnossa ennen päällystämistä.
- 1AB-koeosuudet olivat ensimmäisellä kestoikäkaudellaan. Ts. kohteet, joille oli tehty rakentamisen jälkeisiä kunnostamistoimenpiteitä, eivät tulleet kysymykseen. Poikkeuksena hyväksyttiin nastarenkaista aiheutuvien urien korjaaminen urapaikkauksella.
- 2AB-kohteiksi luokiteltiin sellaiset tiet, joissa oli enintään kaksi päällystyskertaa. Bitumisorakerros ja kahden vuoden sisällä tehty ensimmäinen AB-päällyste käsiteltiin yhtenä kerrokseksi. Rakennevaatimukset 2AB:ssa ovat samat kuin 1AB:ssä.
- Koeosuuden pituus on 152 metriä (500 jalkaa).
- Koeosuudet valittiin siten, että pohjaolosuhteet (pohjamaa, kuivatus) ovat mahdollisimman homogeeniset. Ts. kohde sijaitsee joko penkereellä tai leikkauksessa.
- Kohde ei saanut sijaita siirtymäkiila-alueella.
- Sellaisia kohteita, joihin oli lisätty uusi kaista tai joissa alkuperäistä kaistaa oli jälkeensä levennetty, ei valittu mukaan.
- Kohdetta, jossa oli RC-päällyste, ei valittu tutkimukseen mukaan.
- Koeosuudet pyrittiin valitsemaan siten, että osuuden molemmissa päissä on vähintään 400 metrin pituinen välimatka lähimpään epäjatkuvuuskohtaan kuten siltaan, rautatien ylityspaikkaan jne. Myöskin kohteita, joissa on risteyksiä, rampeja tai muita liikenteen käyttäytymistä ohjaavia rakenteita koeosuuden välittömässä läheisyydessä, pyrittiin välttämään.

2.2 Tilastollinen koesuunnittelu valinnan perustana

Jotta voitiin varmistaa, että tutkimuksen avulla voidaan saavuttaa asetetut tavoitteet mahdollisimman taloudellisesti, käytettiin koeteiden valinnassa hyväksi tilastollista koesuunnittelua. Tilastollisen koesuunnittelun avulla pyritään hallitsemaan kaikkien selittävien muuttujien vaikutus selitettäviin muuttujiin. Tarkoitus on etukäteen varmistaa se, että olemassa olevien riippuvuuksien löytäminen ylipäänsä on mahdollista, ja että koe voidaan toteuttaa mahdollisimman taloudellisesti eli mahdollisimman vähällä koemäärällä.

Hyvin suunnitellussa kokeessa selvitetään valittujen selittävien muuttujien vaikutusta selitettävään ja koejärjestelyllä pyritään takaamaan se, etteivät muut havaitsemattomat muuttujat pääse estämään riippuvuuksien havaitsemista tai vääristämään havaittuja riippuvuuksia. Kun tutkitaan eri tekijöiden vaikutusta tien kuntoon, ei kysymys ole yleensä aidosta koetilanteesta, vaan tietyt ehdot täyttävä koeosuus on jo valmiiksi olemassa. Koeteiden valintaan voidaan kuitenkin soveltaa samanlaisia periaatteita kuin koesuunnittelussakin.

2.3 Koesuunnitelmakaaviot (koematriisi)

Faktorikoemallissa selittäviä muuttujia ei tarkastella jatkuvina, vaan kunkin selittäjän arvoalueelta valitaan muutama (tavallisesti kaksi tai kolme) selvästi toisistaan poikkeava arvo (esim. liikennemäärä alhainen ja korkea). Taulukossa 1 on esitetty tällä periaatteella muodostettu Pohjoismaisiin olosuhteisiin soveltuva puolifaktorikoekaavio.

Taulukko 1. Puolifaktorikokeen kaaviokuva.

PUOLIFAKTORIKOKEEN KAAVIOKUVA									
ILMASTOALUE		ETELÄ				POHJOINEN			
POHJAMAATYYPPI		KITKA		KOHEESIO		KITKA		KOHEESIO	
LIIKENNEMÄÄRÄ →		A	K	A	K	A	K	A	K
KANTAVUUS	AB-PAKSUUS								
ALHAINEN	ALHAINEN		X	X		X			X
	KORKEA	X			X		X	X	
KORKEA	ALHAINEN	X			X		X	X	
	KORKEA		X	X		X			X

Havaintotiematriisissa kukin tarkasteltava tekijä on kaksiluokkainen, jolloin erilaisia tekijöiden arvokombinaatioita on yhteensä $2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 = 2^5 = 32$ kappaletta.

Jos selittäviä muuttujia on k kappaletta ja kustakin tarkastellaan kahta arvoa (tasoa), olisi periaatteessa täydellisen kuvan saamiseksi selittäjien vaikutuksesta tutkittava kaikki mahdolliset selittäjien arvokombinaatiot. Niitä on yhteensä 2^k kappaletta eli määrä kasvaa voimakkaasti selittäjien määrän kasvaessa. Tilastollisen koesuunnittelun teoriaa hyväksi käyttäen voidaan tutkittavien yhdistelmien määrää huomattavasti vähentää menettämättä oleellista informaatiota.

Kohteiden valintaan liittyvinä päämuuttujina (merkittävät tierakenteen kestävyysvaikutukset) ovat ilmastoalue, pohjamaa, liikennemäärä, rakenteen kantavuus sekä päällysteen paksuus. Muuttujien luokittelussa käytettiin seuraavia arvoja (taulukko 2):

Taulukko 2. Muuttujien luokitteluarvot.

Muuttuja	Luokitteluarvo
Ilmastoalue	15000 h°C (pakkassumma)
Pohjamaatyyppi	110 MPa (E-moduuli)
Liikennemäärä	2500 ajon./vrk
Rakenteen kantavuus	430 MPa
Päällysteen paksuus	80 mm (1AB) / 100 mm (2AB)

3 AINEISTON KUVAUS

3.1 Kohteiden lukumäärä

Alunperin SHRP-LTPP projektin aikana analysoinnissa käytettyjen kohteiden lukumäärä oli 100 ja niiden jakautuminen Pohjoismaissa oli taulukon 3 mukainen.

Taulukko 3. Kohteiden jakautuminen Pohjoismaissa.

Maa	Yksi AB-päällyste	Kaksi AB-päällystettä
Suomi	13	29
Ruotsi	27	18
Norja	6	-
Tanska	7	-
Yhteensä	53	47

TPPT projektin aikana aineisto muuttui merkittävästi sekä määrältään ja varsinkin laadultaan. Tämä johtui siitä, että Ruotsista saatiin käyttöön noin 600 kohdetta lisää. Tämän seurauksena jatkossa analysoinnissa käytettiin ainoastaan kohteista Suomesta ja Ruotsista.

Tässä raportissa käsitellään ainoastaan suomalaisia kohteita, eli TPPT-havaintotieaineistoa.

TPPT-havaintotieaineiston osoitetiedot ja sijainti Suomen kartalla on esitetty liitteessä 1 ja 2.

3.2 Havaintotieaineisto

Suomessa kohteiden valintaa säätelee suurten liikennemäärien osalta nastarengaskulutus. Esi-merkiksi vilkkaasti liikennöityjä moottoriteitä ei voida valita koetieaineistoon. Syynä tähän on se, että vilkkaasti liikennöitävät tiet joudutaan käytännössä lähes aina päällystämään muun kuin tien rakenteellisen heikkouden takia. Tällöin tutkimuksen kannalta on hyödytöntä valita tutkimusaineistoksi sellaisia kohteita, joissa rakenteellisia vaurioita ei koskaan esiinny. Mikäli tutkimuskohteissa esiintyy päällystämistarvetta urautumisen takia, tulisi valita sellaisia ylläpitotoimenpiteitä, että tien rakenteellinen kestävyys ei muutu. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että sallittavana toimenpiteenä on esim. urapaikkaus tai remixer, mutta ei uusi päällyste.

Ilmasto-olosuhteita kuvataan vuosittaisella pakkassummalla (Kh) ja sademäärällä (mm). Aineisto perustuu ilmatieteenlaitoksen keräämään vuorokausitason tietoon. Kohteille on laskettu vuosittainen pakkassumma ja sademäärä rakentamisvuodesta lähtien. Vuosittaisista arvoista on laskettu kohteille keskiarvot. Helsingissä vuoden keskimääräinen pakkassumma on noin 16000 Kh kun se Oulussa vastaavasti on 28000 Kh.

Koeteiden rakennetiedot on määritetty koeosuuden toisesta päästä valitulta koealueelta, jonka koko on 1.0 m x 1.5 m. Rakenteen homogeenisuutta on mahdollista arvioida pudotuspainolaitteella suoritettujen taipumamittaustulosten ja maatutkamittausten avulla. Sidottujen kerrosten paksuudet on laskettu koealueelta otettujen 9 porakappaleen keskiarvona. Sitomattomien kerrosten paksuudet mitattiin avatusta poikkileikkauksesta kunkin rakennekerroksen osalta erikseen.

Poranäytteet ja koekuoppa eivät välttämättä edusta koko koeosuuden tilannetta. Vaikka koeosuuden pituus ei ole kuin 152 m ja osuudet on pyritty valitsemaan mahdollisimman homogeenisille alueille, saattaa rakennekerrospaksuudet vaihdella koeosuuden sisällä. Tämän selvittämiseksi suoritettiin viidellä kohteella kokeilu, jossa hyödynnettiin maatutkatekniikkaa. Kokeilu suoritettiin siten, että ensin maatutkalla mitattiin kohta, johon koekuoppa oli tehty (rakennekerrosten paksuudet tiedossa). Tämän jälkeen maatutkalla mitattiin koko koeosuuden rakennekerrosten paksuudet (jatkuva mittaust).

Kohteissa suoritettiin pudotuspainomittaukset 7.5 metrin välein sekä oikeassa ajourassa että ajourien välissä. Havaintoteiden rakenteellista lujuutta voidaan myös kuvata taipumaerotuksella SCI300 (Surface Curvature Index). SCI300 on keskitaipuman ja 300 mm päässä olevan taipuman välinen erotus (d0-d300). Mitä pienempi SCI300 on, sitä laajemmalle rasiutus jakautuu tierakenteessa ja sitä vahvempi rakenne on. Taipuma-arvot on korjattu +20°C lämpötilaan.

Moduuleilla kuvataan eri materiaalien kykyä vastustaa rasiutuksista aiheutuvia muodonmuutoksia. Materiaalimoduuleilla on merkittävä vaikutus tierakenteen käyttäytymiseen, minkä vuoksi ne ovat peruslähtötietona rakenteiden vaurioitumisen syitä selvitettäessä. Materiaalimoduulit voidaan määrittää joko laboratoriossa tai kentällä pudotuspainomittausten ja ns takaisinlaskennan avulla. Taulukossa 3 esitetyt koeteiden materiaalimoduuleja, jotka on saatu pudotuspainolaitteen tuottamien taipumasuppilotietojen perusteella käyttäen Modulus-takaisinlaskentaohjelmaa. Rakenne on määritelty kolmi- ja nelikerrosratkaisuksi, joka koostuu päällysteestä, sitomattomista (tai kantavasta+jakavasta) kerroksista ja pohjamaasta. Päällysteen laskettu moduuliarvo on korjattu lämpötilaan +20°C.

Tierakenteiden analyttisissä mitoituksissa menetelmissä rakenteen kestoikä (kuormituskertaluku) arvioidaan päällysteen alareunan vetomuodonmuutoksen. Perinteisesti havaintotielle laskettiin vetomuodonmuutokset lineaarisella monikerrosohjelmalla (esim. BISAR). Lähtötietoina annetaan rakennekerrosten paksuudet, materiaalimoduulit, Poisson-luvut sekä kuormitustiedot.

TPPT-projektissa suoritettiin yli 2000 rakenteen simulointi. Tarkoituksena oli luoda yhteys taipumaerotuksen ja muodonmuutosten välille. Simuloiduista rakenteista laskettiin pudotuspainolaitemittauksessa syntyvä taipumasuppilo sekä asfaltin ja pohjamaan muodonmuutokset. Taipumasuppilosta laskettiin 200, 300, 450 ja 600mm taipumaerotukset. Simuloinnin tuloksena saatiin hyvät yhteydet taipumaerotusten ja BISAR-monikerrosohjelmalla laskettujen asfaltin alapinnan vetomuodonmuutosten välille. Simulointiaineistoa käytettiin hyväksi opetusaineistona muodonmuutoksia laskevan neuroverkon kehittämisessä. Neuroverkon avulla voidaan määrittää asfaltin alapinnan muodonmuutos, ilman perinteistä takaisinlaskentaa, syöttämällä verkolle lähtötiedoiksi taipumasuppilo ja asfaltin paksuus. Taulukossa 3 esitetyt muodonmuutokset perustuvat neuroverkkomäärittäisiin.

Havaintoteilla on tehty vaurioinventointi kävellen vuosittain siitä lähtien, kun kohde on valittu mukaan seurantaan. Jokaisen inventoinnin yhteydessä on koeosuuksista piirretty vauriokartat. Vaurioinventointi on suoritettu seuraavalla tavalla:

Vauriokartoituksessa kaikki vauriot on luokiteltu kolmeen luokkaan (matala, keskinkertainen ja korkea). Vaurioindeksiä laskettaessa vaurioitumisasteluokilla on käytetty seuraavia painoarvoja:

- matala = 1
- keskinkertainen = 1.5
- korkea = 2

Vauriot on jaettu kahteen eri luokkaan. Vaurioihin, jotka ovat ajourassa (liikenneperäiset) ja vaurioihin, jotka ovat ajourien ulkopuolella (ilmastoperäiset). Vauriomäärää (indeksiä) laskettaessa eri vaurioilla on erilaiset painokertoimet. Seuraavassa on esitetty eri luokkiin kuuluvat vauriot (painokerroin suluissa):

Kuormituskestävyysvaurioiksi (liikenneperäisiksi) katsotaan seuraavat ajourassa esiintyvät vauriot:

- verkkohalkeamat, (2)
- pituushalkeamat, (1)
- poikkihalkeamat, (1)
- purkautumat, (0.5).

Ilmastoperäisiksi vaurioiksi katsotaan seuraavat ajouran ulkopuolella esiintyvät vauriot:

- pituushalkeamat
- poikkihalkeamat (pakkaskatkot)
- reunahalkeamat
- keskisaumahalkeamat.

Taulukko 3. Aineistossa olevien muuttujien vaihteluvälit ja keskiarvot.

Muuttujan nimi	Minimi	Keskiarvo	Maksimi
Kohteen ikä 2001 (edellisestä päällystyksestä)	5	11	18
Keskivuorikausiliikenne, KVL	450	2700	7300
%-raskaita ajoneuvoja	5	10	20
Kuormituskertaluku, KKL	13000	77000	230000
Asfaltin paksuus (mm)	40	100	210
Sitomattomien kerrosten paksuus (mm)	400	800	1600
Asfaltin jäykkyyshmoduuli, Modulus (MPa) (+20°C)	2500	6000	12000
Sitomattomien kerrosten jäykkyyshmoduuli, Modulus (MPa)	150	300	850
Pohjamaan jäykkyyshmoduuli, Modulus (MPa)	50	110	270
Taipuma D0, (µm) (+20°C)	180	410	680
Taipuma D30, (µm) (+20°C)	90	250	450
Taipuma D60, (µm) (+20°C)	60	150	280
Taipuma D90, (µm) (+20°C)	50	110	200
Taipumaerotus, SCI300 (mm) (+20°C)	70	160	280
Muodonmuutos, BISAR / Neuroverkko, (µm/m) (+20°C)	80	250	500
Kuormituskestävyys vaurioindeksi (ajourissa)	0	7	58
Pituussuuntainen epätasaisuus, IRI (mm/m)	0.7	1.5	2.4
Maksimi urasyvyys (mm)	4	11	22
Keskimääräinen pakkasmäärä (Kh)	8000	15000	32000
Keskimääräinen sademäärä (mm)	450	600	800

4 AINEISTON KÄYTTÖKOHEET JA TULEVAISUUS

Käyttökoheet

Havaintotieaineistoa on käytetty pääasiallisesti kuormituskestävyys vaurioitumisen kestoikämallien ja mitoitusmallien kehittämiseen. Aineistoa on keskimäärin kerätty 10 vuoden ajan, joka on pitkäaikaiskestävyytarkasteluissa kohtuullisen hyvä aika. Havaintotieaineistoa on hyödynnetty edellä mainitun ajanjakson aikana seuraavissa yhteyksissä:

- Vaurioitumisen alkamisajankohtaa ennustavat mallit
 - TPPT-kuormituskestävyys mitoitus ja elinkaari projektit (1994-2001)
 - Tien rakenteellinen kunto projekti (1997-2000)
 - Vt 7 HAMINA – VIROLAHTI, kestoian arviointi (1998-1999)
 - Utveckling av nedbrytningsmodeller (VTI, 2000-2001)
 - Nordiska SHRP-LTPP projektet (1990-2001)
 - COST324 (1994-1996)
 - EU-projekti, PARIS (1996-1998)
 - EU-projekti, PAV-ECO (1997-1999)
 - Crack Initiation Models for Flexible Pavements, PhD dissertation, Heikki Jämsä (2000)

- Vaurioitumisen kehittymistä ennustavat mallit
 - TPPT-elinkaari projektit (1994-2001)
 - Tien rakenteellinen kunto projekti (1997-2000)
 - Utveckling av nedbrytningsmodeller (VTI, 2000-2001)
 - EU-projekti, PARIS (1996-1998)
 - EU-projekti, PAV-ECO (1997-1999)

- Pituussuuntaisen epätasaisuuden kehittymistä ennustavat mallit
 - EU-projekti, PARIS (1996-1998)

Tulevaisuus

Tulevaisuudessa havaintotiedien lukumäärää ja niiden seuranta tulisi kartoittaa kokonaisuutena ja koko päällystetyn tieverkon kannalta. On varsin selvää ja kansainvälisestikin tunnustettua, että ainoa tapa luoda luotettavat kestoikämallit on laadukkaan havaintotieaineiston avulla. Tämän aineiston hankkiminen vaatii hyvää koesuunnittelua, oikeiden asioiden mittaamista ja seuranta sekä ennen kaikkea malttia ja aikaa. Pitkäaikaiskäyttämistä ei yksinkertaisesti pysty selvittämään lyhyessä ajassa. Tässä raportissa käsitelty aineisto (yhdessä Ruotsin aineiston kanssa) on hyvä esimerkki siitä, mitä tuloksia voidaan saavuttaa, kuin yllä esitetyt asiat on tehty huolella.

Edellä esitetty aineisto on kuitenkin valittu vain kuormituskestävyytarkastelua varten, liikennemäärältään keskinkertaiselta tai vilkkaalta osalta tieverkkoa, lukuun ottamatta kaikista vilkkaimpia teitä, joilla on voimakas kuluminen nastarenkaiden johdosta. Aineisto ei varsinaisesti sisällä kohteita, joissa rappeutuminen aiheutuu ensisijaisesti ilmasto-olosuhteista.

Kevytpäällysteisten tierakenteiden projektissa valittiin otos tiekohteita alemmalta tieverkolta, joilta tutkittiin paljon asioita kahden vuoden aikana. Nämä koheet eivät kuitenkaan vielä ole tämän perusteella ns. pitkäaikaisseurannassa olleita havaintotiekohteita.

Jatkossa tulisi valita kohtuullinen määrä tiekohteita (hyödyntämällä olemassa olevat aineistot mahdollisuuksien mukaan) päällystetyltä tieverkolta siten, että erilaiset olosuhteet (liikenne ja ilmasto) ja rakennetyypit olisivat mahdollisimman hyvin edustettuina.

Huomioida tulisi mm. seuraavia asioita:

- Tarvitaan laajempi otos tieverkolta, jota seurataan tarkemmin kuin mitä tieverkkoa yleensä seurataan kuntomittauksin.
- Valittavista kohteista tulee olla hyvät lähtötiedot rakentamisesta ja ylläpidosta.
- Otoksen tulee kattaa kaikki nykykäytännön rakenneratkaisut (esim. stabiloinnit ja komposiitit, jotka puuttuvat nykyaineistoista) ja otosta tulee täydentää jatkossa uusilla ratkaisuilla.
- Kohteilta tulee kerätä ns. verkkotason tietoja vuosittain (PTM ja vaurio) tai muutaman vuoden välein (esim. joka kolmas vuosi PPL).
- Lisäksi suoritetaan noin kertaluonteisesti ns. hanketason mittauksia ja tiedonkeruuta (rakennekerrospaksuudet, pohjamaatyypit, routanousu, jne.).
- Kohteitten seurantaan tulee sitoutua maltilla, vähintään 5 – 10 vuoden ajaksi, jotta tuloksista voidaan kehittää luotettavat kunnonkehittämistä ennustavat mallit.

Liite 1. TPPT – Havaintotiekohteiden osoitteet

Kohde	Koe alkoi	Piiri	Tie	Tieosa	Suunta	Alku	Loppu	TMP
1	1991	1	25	16	1	5625	5775	Karjaa
2	1991	1	25	29	1	3095	3245	Hyvinkää
3	1991	1	1130	4	1	3955	4105	Kirkkonummi
4	1991	1	115	1	1	2150	2300	Siuntio
5	1991	1	167	5	1	265	415	Orimattila
6	1991	1	186	13	1	1145	1295	Karjaa
7	1991	2	186	1	1	435	585	Salo
8	1991	2	194	3	1	3650	3800	Taivassalo
9	1991	4	12	12	1	135	285	Lammi
10	1990	4	54	2	1	3540	3690	Riihimäki
11	1990	4	66	7	1	125	275	Virrat
12	1990	4	66	7	1	1935	2085	Virrat
13	1991	4	132	11	1	1310	1460	Riihimäki
14	1992	4	285	1	1	2285	2435	Riihimäki
15	1991	4	308	1	1	1170	1320	Pirkkala
16	1990	4	324	2	1	2560	2710	Kangasala
17	1991	3	359	4	1	2800	2950	Kouvola
18	1990	3	387	9	1	3720	3870	Lappeenranta
21	1991	3	471	2	1	2040	2190	Savonlinna
22	1990	3	471	3	1	1430	1580	Savonlinna
24	1992	8	6	348	1	1130	1280	Joensuu
25	1991	8	73	1	1	340	490	Joensuu
26	1991	8	75	22	1	260	410	Nurmes
27	1991	8	486	4	1	3500	3650	Kitee
28	1991	8	23	403	1	830	980	Leppävirta
29	1991	8	77	32	1	3740	3890	Maaninka
31	1991	9	58	17	1	2905	3055	Keuruu
32	1990	9	637	3	1	985	1135	Jyväskylä
33	1990	9	637	4	1	440	590	Jyväskylä
34	1990	9	641	1	1	1870	2020	Hankasalmi
35	1991	10	19	16	1	90	240	Kauhava
36	1991	10	749	4	1	4030	4180	Pietarsaari
37	1991	12	28	14	1	2540	2690	Nivala
38	1991	12	28	26	1	5165	5315	Nivala
39	1991	12	86	15	1	2250	2400	Oulainen
40	1991	12	778	2	1	9790	9940	Pietarsaari
42	1991	12	86	18	1	3050	3200	Raahe
43	1992	4	347	1	1	4170	4320	Vilppula
45	1992	12	22	30	1	4785	4935	Kajaani
46	1992	2	192	6	1	3980	4130	Uusikaupunki
47	1992	12	8	414	1	4545	4695	Kalajoki

Liite 2. TPPT – Havaintotiekohteiden sijainti.

