

Versio pvm: 09.10.2024

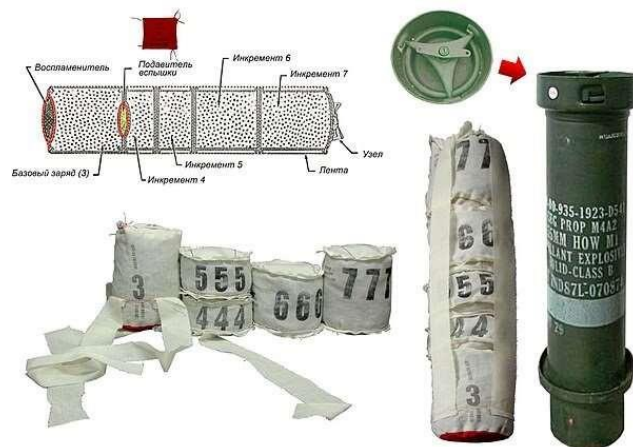
155K83:n sarjapanosten kehittäminen

- InsEvl Ari Tuomainen

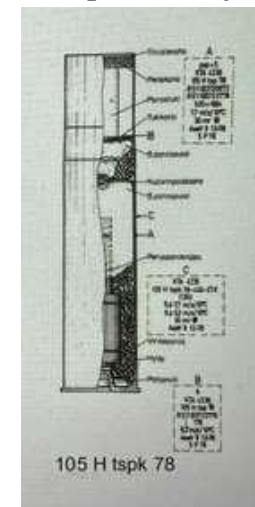
Tykkimiehet ry: ”Miten puolustusvälineteollisuutta ylläpidettiin kylmän sodan aikana”

1. JOHDANTO

- **Tehtävä ja tavoiteasettelu**
- **155K83: sarjapanoksen kehittäminen ja** erillinen täyspanos ns. pitkän kantaman laukausta varten
- **Kehitystyöhön osallistuneet:** Johto: PEAsTeknOs, valmistus: Vammalan Asevarikko
- asiantuntijat: PVTT ROS, Vihtavuori ja KoeAL
- **Lähtökohta: 0-tilanne:** Irtopanoslaukaus, ruutien, panosrakenteen jne. kehittäminen
- Tiedonhankinta, mallina: NATO M4A1, M3A2,
- **Kenttäkäytön vaatimukset:**
 - hajonta: Rp alle 0.5%, soveltuvuus kenttäkäyttöön, pienehkö lämpötilariippuvuus, ..
 - Kantama-alueet päällekkäisiä pienillä ja suurilla koroilla
 - Kantama-koro analyysin perusteella tavoitteeksi asetettiin 4-jakoinen sarjapanos ja erillinen täyspanos pitkän kantaman laukausta varten
 - haluttu osapanos voitava muodostaa ”lumisessa metsässä pakkasella, pimeässä ja rukkasen kädessä”



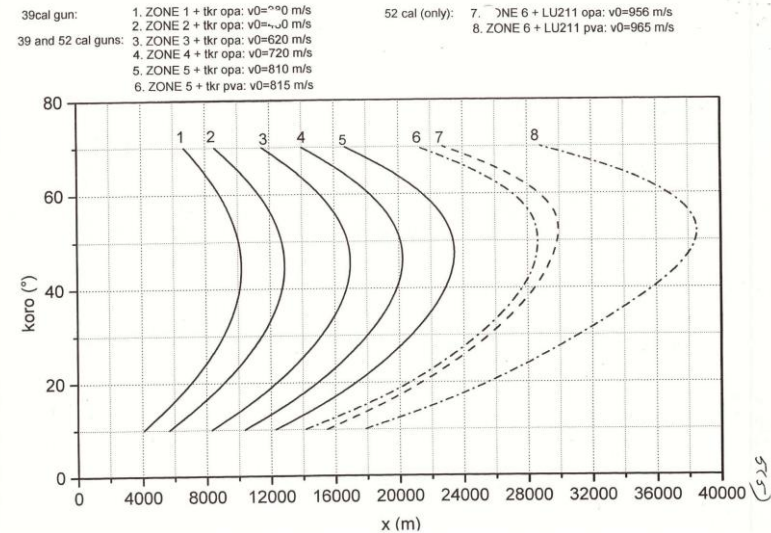
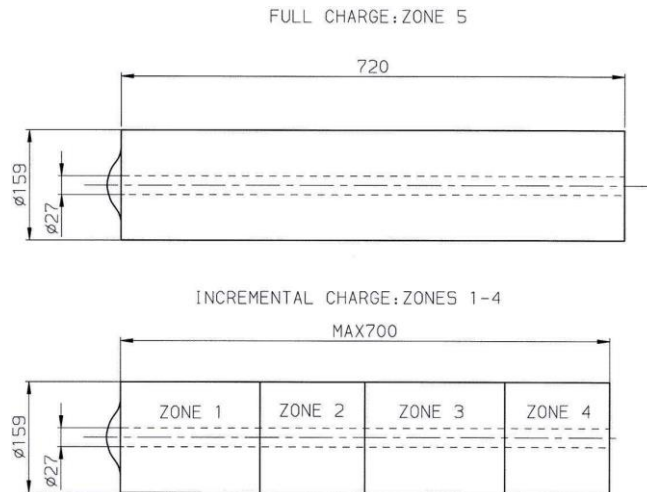
Esim. NATO Irtopanos



Esim. kartussipanos

Tykkimiehet ry: Miten puolustusvälineteollisuutta ylläpidettiin kylmän sodan aikana

-155K83 PANOSJÄRJESTELMÄ, TAVOITE:



- 130 RSTK Täys- ja puolipanos (TP ja PP), tavoite:

- Lähtökohta:
- **0-tilanne:** 130 TP:n RS16D ruudin panostaminen karille”.
- Aloitettiin kokonaan uusi panoskehitys rinnan 155 kehitystöiden kanssa perustuen samojen ruutityyppien ja panosrakenteiden käytölle.
- Kenttäkäytön vaatimukset:
 - Torjuntaetäisyys maks. 20km, laaka lentorata. Soveltuvuus kenttäkäyttöön, pienehkö lämpötilariippuvuus, ..
 - 130 TKPP koulutuskäyttöön

KEHITYSTYÖN ETENEMINEN, vaiheittain:

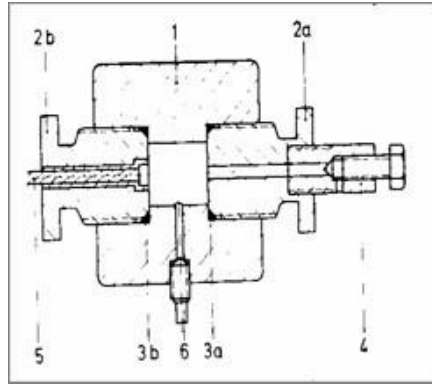
- **Ruutien valinta ja geometrinen mitoitus -85-86**
- Vertailu B, D ja N massojen välillä
- valmistustekniset syyt ja suoritusarvojen ennakointi === N pohjainen ruuti,
- palamisominaisuudet: tukeutuen laskentaan: == 7 reikäinen jyväruti, vilkkausalue, progressiivisuus
- **laskennan antama visio:** 155 TSP ja TP sekä 130 RSTP ja PP kehitystyöt voidaan perustaa samojen ruutien käytölle
- käynnistettiin samanaikaisesti 155 TSP:n lisäksi muut em. Kehitystyöt

- **Koeruutien tilaus 1:**
- Koepanosten valmistus, 1. koe-erä:
- panosrakenne kuten kartussipanoksilla: pussi pussin päälle, mr pohjavirikepanoksena, ei lisävirikepanosta keskellä,
- panospussit kartussilaukausten kankaista

Tykkimiehet ry: "Miten puolustusvälineteollisuutta ylläpidettiin kylmän sodan aikana"

PROP- BURNING CHARACTERISTICS: MANO ANALYSIS

Equipment:



The principal construction of the manometric bomb /Ha82/.

1 = Vessel body, 2 = Front side locks, 3 = Gaskets, 4 = Outlet valve 5 = Insulated fire for electric igniter and 6 = Pressure gauge.

Formulation:

Abel's law:

$$p(t) = \frac{f m_c z(t)}{V_B - m_c \eta z(t) - \frac{m_c}{\rho_c} (1 - z(t))}$$

Burning Law:

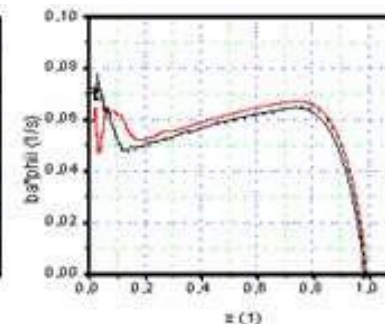
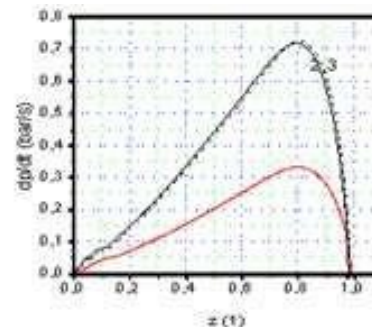
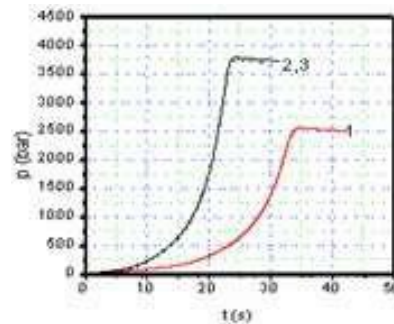
$$B_a \phi(z) = \frac{p_o}{p} \frac{dz}{dt}$$

Measured

Dynamic vivacity
STG 4115

Burning function

Analysis: output



KEHITYSTYÖN ETENEMINEN, vaiheittain:

- **1. Koeammuntakierros, 155K83 + TSP**
- Koepanosten valmistus 1. koe-erä:
 - panosrakenne kuten kartussipanoksilla: pussi pussin päälle, mr. pohjavirikepanoksena, ei lisävirikepanosta keskellä, panospussit kartussilaukausten kankaista
- **Yhteenveto tuloksista**
- mr. virikeruuti likasi tiivisterenkaan,
- ei päästy vaadittavalle nopeusalueelle
- koulutus –tarve, toteutettiin pienillä panoksilla kenttäkokeiluna Rovajärvellä, talvileiri:
- panos ei toiminut: rakenne ei kestänyt, panospussit hajosivat ja ruutia valui säiliön pohjalle ja aseeseen lukkoon

- Testauskierrokset 1-2, v.86-87

- Virikeruutien: CBI ja Porous Strand jatkohankinta koe-erillä, Muiden Chemieltä, Vihtavuoren välityksellä
- Hankittiin koe-erä NATO vaatimukset täyttävää panoskangasta (ja ompelulankaa), Hollannista
- Laadittiin piirustukset panospusseille. Pusseihin konstruointiin keskelle aukko lisävirikepanosta varten. Osapanospusseihin ommeltiin 4 nauhaa kunkin osapanoksen sitomiseksi kiinni ylemmän osapanoksen päälle.
- Haasteet 155 TSP:n kokoonpanossa: panospussien valmistus, ruutitäyttö, panoksen kiristäminen ja pakkaus
- TSP:n suurimmassa osapanoksessa (4P) ovat mukana kaikki osapanospussit (1P, 2P, 3P ja 4P)
- Alemmat osapanokset muodostetaan ottamalla pois panoksen päältä osapanospussi kerrallaan
- Esim. alin osapanos (1P) muodostetaan siten, että päältä otetaan pois osapanospussit: 4P, 3P ja 2P.
-
- **Virikepanosjärjestelmä ja panosrakenne**
- Pohjavirikepanos: CBI ruudista
- Lisävirikepanos (Porous Strand pitkä putkiruuti) sijoitettiin panoksen keskellä olevaan aukkoon kahtena osana, alempi osa sidottiin kiinni 1P -panospussiin ja ylempi osa 3P panospussiin.
- Katkoskohta oli osapanosten keskellä. Näin varmistuttiin siitä, että panosta ei voi kasata väärässä järjestyksessä.
- Panosrakenne on kenttäolosuhteissa toimittava varmasti eikä sen käytössä voi tapahtua virheitä (= panoksen avaaminen ja osapanoksen valinta ammuntaan)
- Osapanosten muodostamista harjoiteltiin ja hiottiin toimivaksi kenttäkokeiden palautteen perusteella
- Harjoiteltiin koepanosten valmistusta laboratorio-olosuhteissa, erikoisesti osapanospussien täyttöä ja kiristämistä

- **Testauskierrokset 3-4, v -87**

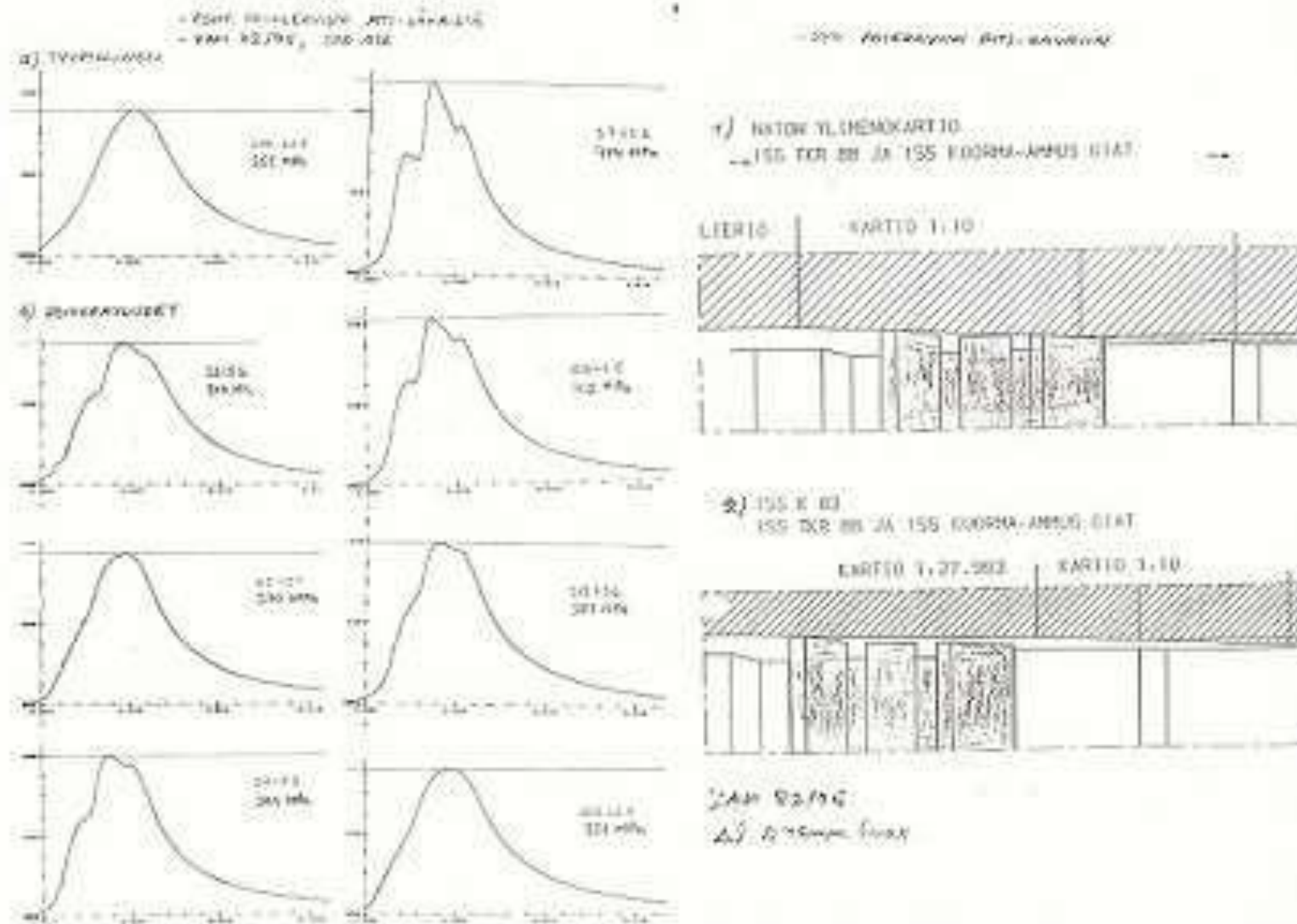
- Jatkettiin testausta uusilla CBI ja Porous Strand virikeruuti ja RS27N koeruutierillä
- Panospussien mitoitusta, ja rakennetta kehitettiin paremmin soveltuvaksi kenttäkäytön vaatimukseen
- Panospussien ompelun ulkoistamismahdollisuutta selvitettiin
- Panosten valmistus: pussien täytön ja panoksen sitomisen työmenetelmiä kehitettiin:
- johtopäätös oli, että ruudin tiivistäminen ”puukapuloiden avulla” panospussissa ei sovellu jatkuvaan tuotantoon, tarvitaan täristyspöytä (ja muita järjestelyjä)

- **Koeammunnat**

- panosrakenne ja ruudin vilkkausalue todennettiin toimivan.
- Kuljetusrasitusten seurauksena koepanokset ”löystyneet” liikaa
- Joillakin 4P:tä vastaavilla suurimmilla laukauksille ilmeni painekäyrien lievää värähtelyä noin 10%:lla laukauksista, syy jäi arvailun varaan
- **näkymä eteenpäin:** panoskehitystyö tältä pohjalta ”onnistuu”

- **Testauskierrokset 5-6, v.-87-88**
- **Yleistä**
- Tilattiin uudet koe-erät: CBI ja Porous Strand virikeruutia sekä RS27N pääruutia
- Pussien ompelu ulkoistettiin: yksityisen teollisuusomelijan autotalli, Vammalassa
- Hankittiin valmistuslisenssit virikeruudeille CBI ja Porous Strand Muiden Chemieltä, Hollannista, ja käynnistettiin valmistus kotimaassa
- Hankittiin valmistuslisenssi NATO vaatimukset täyttävälle panospussikankaille
- Koepanokset ammuntoja varten valmistettiin Vammalan Varikolla
- Panospussien täytön ja panoksen sitomisen käsityömenetelmiä kehitettiin edelleen
- Järjestettiin tutustumismatka NATO-panosten sarjatuotantolinjalle, Hollantiin
- **Koeammunnat**
- Panosrakenne ja ruudin vilkkausalue, toimivia
- Likimain samat havainnot kuin kierroksella 3-4: panosten löystymistä ja joitakin poikkeavia painekäyriä ylimmillä panoksilla,
- Epätasaisten p(t)-käyrien syytä pohdittiin isommalla joukolla
 - Ilmiö tuli esille noin 10%lla laukauksista NATO hyväksytyllä 155 LU OP-ammusta
 - LUK Sakari Herrala, vastasi panostustöistä. Hänen oivalluksensa pitkän kokemuksen takaa oli että ”vika saattaa olla ammuksen istuvuudessa ylimenokartioon”.
 - Asia eteni, ja koeammunta-aseen ylimenokartio sorvattiin NATO yhteensopivaksi
 - Koeammuntoja jatkettiin ”sorvatulla” aseella eikä poikkeavia p(t) käyriä enää esiintynyt

Tykkimiehet ry: Miten puolustusvälineteollisuutta ylläpidettiin kylmän sodan aikana



Kuva 1: Koeammunnan KAM 82/95 p(t) käyrät, poikkeavien analyysin perusteet.

Tykkimiehet ry: Miten puolustusvälineteollisuutta ylläpidettiin kylmän sodan aikana

Sisäballistiikan Termodynaaminen Malli, lähtöyhtälöt:

Burning Law

$$\frac{dz}{dt} = B_a \phi(z) \frac{p}{p_0}$$

, where z = burnt fraction of prop. ($z:0 \rightarrow 1$)
 dz/dt = propellant mass burning rate
 B_a = burning coefficient
 $\phi(z)$ = form function
 p = pressure
 p_0 = normal pressure (=101325 Pa)
 a, b, c = constants

Form Function

$$\phi(z) = c \sqrt{a + bz},$$

Energy Equation,
Principle:

$$E_{ch} = W + I$$

$$E_{ch} = m_c Q_{ex} z = \frac{m_c f z}{\kappa - 1}$$

$$W = E_{proj}^{kin} + E_{gas}^{kin} + E_{proj}^{rot} + E_{proj}^{fric} + E_{rotb}^{engr} + E_{los}$$

, where E_{ch} = Released chemical energy from burning
 W = Work done by gases + energy losses
 I = Internal energy of gases
 m_c = mass of propellant charge
 Q_{ex} = specific heat of explosion
 f = force constant
 κ = specific heat constant (adiabatic)

Equation of
Momentum
Conservation

$$m^* \frac{dv}{dt} = p_{av} A$$

, where m^* = effective mass of projectile
 m_{pr} = mass of projectile
 dv/dt = velocity of projectile

Motion Equation

$$m_p \frac{dv}{dt} = p_p A - f_r$$

p_{av} = average pressure in tube
 p_{pr} = projectile base pressure
 A = projectile base area
 f_r = total resistive force against movement

MODELLING THE ENGRAVING PHASE

- Engraving length = travel length of projectile until the rotating band swagged to the bore shape and diameter.
- The forces retarding advance of projectile are lateral components of the compressing force F_p and the frictional force $\mu:F_p$.

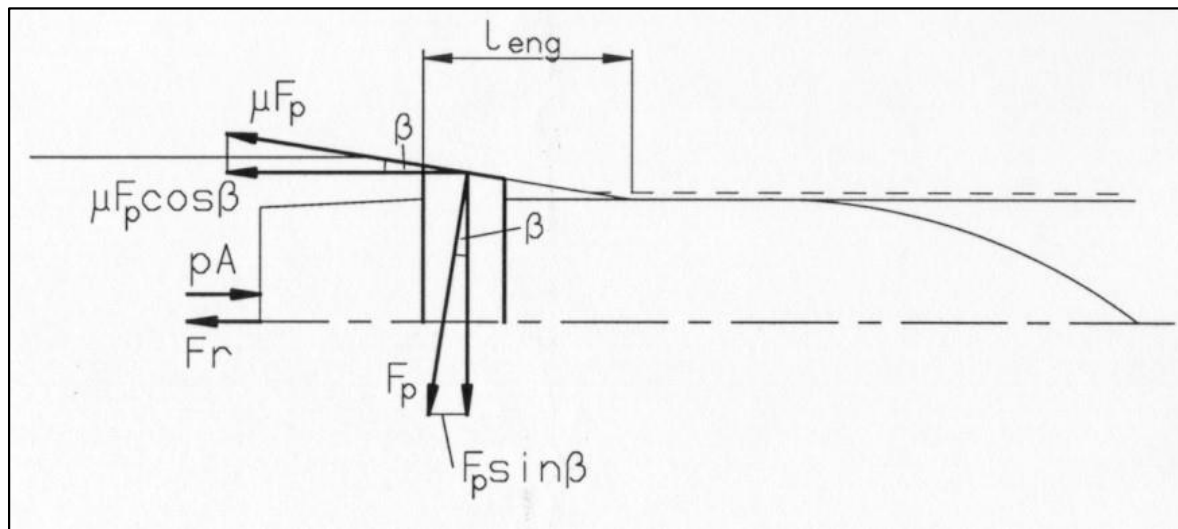
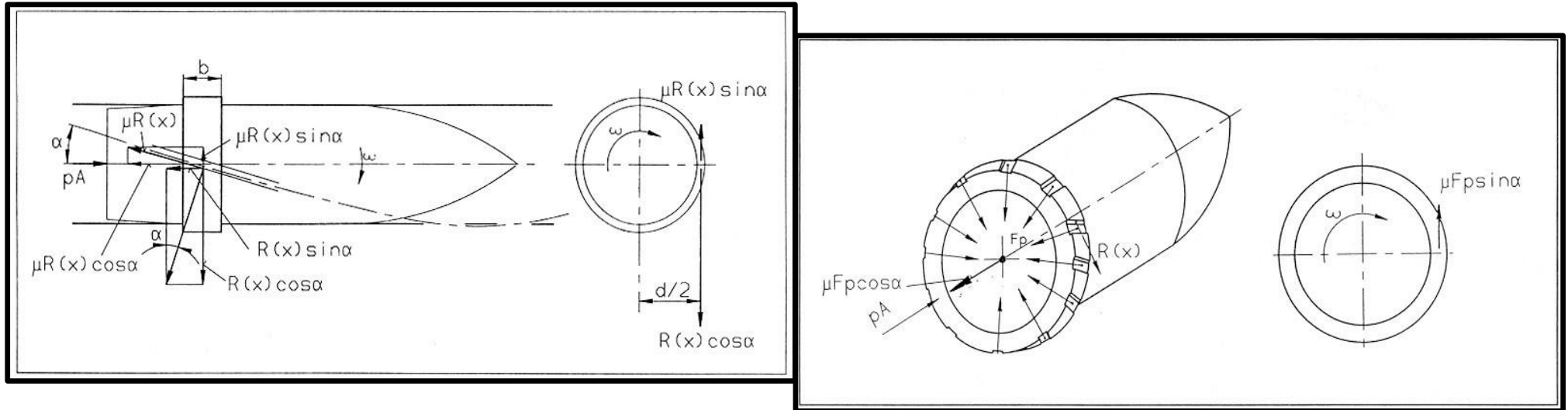


Figure. Initial Engraving Geometry:

(beta = half angle of the forcing cone, L_{eng} =engraving length, F_p =compressing force)

Tykkimiehet ry: Miten puolustusvälineteollisuutta ylläpidettiin kylmän sodan aikana

THE RESISTIVE FORCE COMPONENTS, AFTER ENGRAVING



$R(x)$ = Riffling force

$$R(x) = \frac{I_x \left(\frac{2}{d}\right)^2 \left(\frac{dv}{dt} \frac{dy}{dx} + v^2 \frac{d^2 y}{dx^2}\right) + \bullet(x) F_p(x) \sin \square(x)}{\cos \square(x) - \bullet(x) \sin \square(x)}$$

$$F_p = P_p A_2 = P_p \frac{n b_f b}{\cos \alpha}$$

n = number of grooves,

b_f = groove width

b = rotating band width

P_p = "a new US formula"

- **Testauskierrokset 7-8, (v.-88-90)**

- **Yleistä**

- Tilattiin uudet koe-erät : CBI ja Porous Strand virikeruutia sekä RS27N pääruutia
- Selvitettiin valmistuslinjan automatisointia ml. täristyspöydän hankintaa
 - Järjestettiin tiedonhankintamatka NATO vaatimukset täyttävälle tuotantolinjalle Hollantiin
- Pussien ompelu ulkoistettiin: yksityisen teollisuusompelijan autotalli, Vammalassa
- Hankittiin olosuhdetestauslaitteisto mekaanisia rasituskokeita varten ja sijoitettiin NiiKoeAs:lle sähköpääkeskukseen
- panokselle tehtiin olosuhdetestit: panokset löystyivät täristyslaitteessa, valmistusta säätämällä päästiin hyväksyttävälle tasolle.

- **Kenttäkokeet:**

- Kehitystyöhön sisältyi 4 kenttäkoekertaa. Niiden perusteella panoksen kenttäkelpoisuuteen vaikuttavia tekijöitä kuten käsiteltävyys, merkinnät, pakkaus, säädettiin vaatimusten mukaisiksi
- Hajonnat, jne ammunnan suoritusarvot olivat pääsääntöisesti ok.

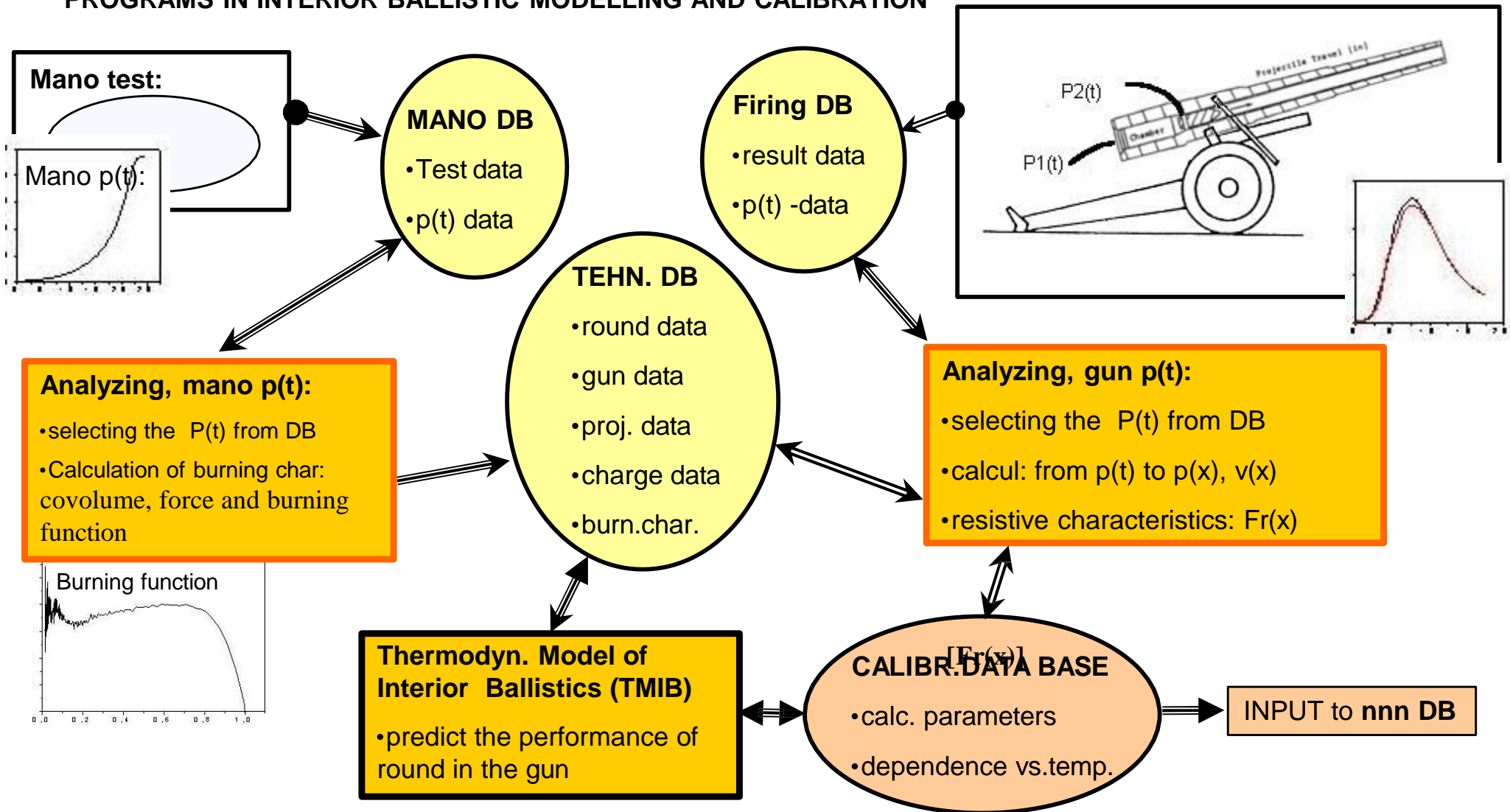
- **Hyväksyntä sotavarusteeksi:**

- Ensin valmistui hyväksyntä 155TKR LEJ ammukselle, 3P:lle (1988), joka nimettiin 155 PSP:ksi,
- Noin vuosi myöhemmin hyväksyttiin 155 TSP, joka sisältää kaikki osapanokset 1-4P, ja joka soveltuu 155 TKR88 OPA:lle

DOKUMENTOINTI: -RAPORTIT,

- LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT: JÄLJITETTÄVYYS JA TOISTETTAVUUS (KALIBROINTI TIETOKANTA)

PROGRAMS IN INTERIOR BALLISTIC MODELLING AND CALIBRATION



CALIBRATION DATA BASE

Task:

- defining and saving the input parameters of the Theoretical Interior Ballistic Model
- based on p/t)-analysis of firings, from round to round

Gun	Tch [°C]	RN	INT.BALL./MEAS.			p(t)-anal			Theor. sc			CALC.		
			V(M/S)	Pcr	Phl	u	fr[kN]	vo[m/s]	Ba	zo	yo	fr[kN]	Yo	P
155_52	20	1	807	236	265	0.395	1343	807	0.0970	0.46	0.70	1250	807	264
	20	2	808	242	265	0.395	1316	808	0.0972	0.46	0.70	1250	809	265
	20	3	810	243	271	0.405	1370	810	0.0986	0.44	0.70	1284	810	271
	20	4	806	233	261	0.380	1237	806	0.0965	0.46	0.70	1200	806	261
	20	5	804	235	257	0.377	1238	804	0.0953	0.48	0.70	1190	804	257
	20	6	802	231	256	0.365	1186	803	0.0950	0.48	0.70	1150	802	256
	20	7	807	238	262	0.370	1221	808	0.0962	0.48	0.70	1166	807	261
	20	8	806	237	262	0.365	1196	806	0.0968	0.46	0.70	1150	806	262
	mv	806	237	262	0.382	1263	807	0.0966	0.47	0.70	1205	806	262	
155_52	51	1	807	235	258	0.365	1195	807	0.0907	0.44	0.80	1158	807	257
	51	2	808	235	257	0.350	1134	809	0.0910	0.44	0.80	1100	808	257
	51	3	807	232	253	0.355	1207	807	0.0900	0.46	0.80	1116	807	254
	51	4	809	231	258	0.360	1225	809	0.0910	0.44	0.80	1133	809	258
	51	5	808	233	257	0.355	1162	810	0.0910	0.43	0.80	1116	808	257
	51	6	810	236	260	0.335	1135	810	0.0922	0.41	0.80	1050	810	261
	51	7	807	237	258	0.355	1151	807	0.0912	0.41	0.80	1116	808	258
	51	8	808	229	253	0.330	1099	808	0.0908	0.43	0.80	1033	808	254
	mv	808	233	257	0.351	1164	808	0.0910	0.43	0.80	1102	808	257	
155_52	-40	1	791	217	239	0.390	1304	791	0.0867	0.46	0.8	1233	791	239
	-40	2	794	218	242	0.380	1291	795	0.0872	0.46	0.8	1200	794	240
	-40	3	794	223	245	0.390	1314	794	0.0878	0.44	0.8	1233	794	244
	-40	4	790	221	239	0.385	1285	790	0.0870	0.44	0.8	1217	790	240
	-40	5	792	216	238	0.385	1289	793	0.0870	0.44	0.8	1217	792	239
	-40	6	795	226	247	0.390	1328	795	0.0885	0.42	0.8	1233	795	247
	-40	7	796	231	249	0.400	1319	795	0.0888	0.42	0.8	1267	796	249
	-40	8	798	226	250	0.400	1348	798	0.0890	0.42	0.8	1267	798	249
	mv	794	222	244	0.390	1310	794	0.0878	0.44	0.80	1233	794	243	

Calibration curves for quantities, such as: $\mu(t)$, $B_a(t)$ and their dependances on wear of gun

Statistically defined calibration data for different temperatures

