

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN
SUONTUTKIMUSOSASTON TIEDONANTOJA

11/1973

Lannoitustasaisuus koneella ja käsin

Jaakko Virtanen

Helsinki 1973

Jaakko Virtanen
Metsäntutkimuslaitos
Suontutkimusosasto

LANNOITUSTASAISUUS KONEELLA JA KÄSIN

Maatalouden piirissä lannoitteiden levityksen tasaisuus ja tarkkuus ovat jo pitkään olleet tarkoin tutkittuja ja seurattuja tekijöitä parhaan lannoitustavan löytämiseksi. Tarkimillaan lannoiterakeet sijoitetaan samaan vakoon siementen kanssa, tietylle etäisyydelle siemenestä ja tietylle syvyydelle mullattuna, ja tämä kaikki käy parhaiten koneellisilla menetelmillä pitkälle kehitettyjä levittämiä käyttäen.

Metsien lannoitus puolestaan on yleistynyt vasta 1960-luvulla, ja koska työvoimaa lannoitustyöhön on ollut saatavilla, eivät koneelliset lannoitteen levittimet ole suuremmin vallanneet alaa, meilläkin levitetään vuosittain metsiin lannoitteista n. 70 % käsin.

Käsinlevityksen on katsottu myös takaavan riittävän levitystasaisuuden, lannoituskokeidenkin yhteydessä on vain pyritty "mahdollisimman tasaiseen" levitysjälkeen levittämällä lannoitte useammassa erässä koealalla.

Koneellisten lannoitteenlevittimien tehdessä tuloaan metsänlannoitustyöhön, ovat myös vaatimukset työjäljen tasaisuuden selvittämisestä voimistuneet, lähinnä on haluttu tietää, kuinka paljon epätasaisempaa koneellisen levitystyön jälki on verrattuna käsinlevitykseen. Asiaa on tähän mennessä tutkittu varsin vähän, eräät 1960-luvun alussa Ruotsissa tehdyt selvitykset ovat kuitenkin antaneet viitteitä siihen suuntaan, että

kasvunlisäys koneellisen lannoituksen seurauksena on saattanut jäädä pienemmäksi kuin käsinlannoituksen antama kasvunlisäys.

Keväällä 1973 suoritettiin Rautavaaran hoitoalueessa lannoituskokeita, joiden yhteydessä tarkkailtiin lannoitteiden levitystasaisuutta sekä käsinlevityksessä että koneellisilla levittimillä. Mukana kokeissa olivat Velsan moottorikelkkalevitin, puoliteloilta varustettuun maataloustraktoriin asennettu Metsä-Viska traktoripuhallin sekä Cessna Aywagon lannoituslentokone varustettuna auramallisella levittimellä. Käsinlevitys suoritettiin kylvövakkaa käyttäen.

Näytteiden otto suoritettiin 40x25 m (turvemailla 33x30 m) suuruisilta koealoilta siten, että näytteenkeräyssuppilot asetettiin 2 metrin välein koealan pitemmän sivun suuntaiseen riviin koealan keskelle, lannoitteen levityksen tapahtuessa kohtisuoraan suppiloriviä vastaan.

Lannoitustasaisuuden ilmentäjänä tässä tutkimuksessa on käytetty poikkeamaprosenttia, joka saadaan seuraavasti:

$$P_p = \frac{\text{enemmän kuin 50 \% tavoitemäärästä eroavien näytteiden määrä (kpl)}}{\text{kokonaisnäyttemäärä (kpl)}} \cdot 100 (\%).$$

Tämän poikkeamaprosentin suurin etu helpon laskettavuuden ohella on siinä, että se osoittaa näytteen hajontaa todelliseen haluttuun lannoitemäärään nähden. Parhaan kasvutuloksen saavuttamiseksihan on pyrittävä levittämään tietty tavoitemäärä lannoitetta pinta-alayksikköä kohti, mitä suurempi poikkeamaprosentti on, sitä enemmän jäädyään lannoituksen parhaasta mahdollisesta tuloksesta.

Käsinlevityksen tasaisuustulokset on esitetty taulukossa 1. Osa levityskokeista suoritettiin ristiinlevityksenä siten, että lannoite levitettiin kahdessa erässä, jälkimmäisellä levityskerralla levittäjän kulkusuunnan ollessa kohtisuorassa edellisen kerran kulkusuuntaa vastaan. Näin menetellen halut-

tiin saada mahdollisimman tasainen levitysjälki. Tulokset osoittavat kuitenkin, että ristiinlevityksellä lannoitus-tasaisuus tuskin paranee, huomattavasti enemmän levitys-tasaisuuteen vaikuttavat työn suorittajan kokemus ja huolel-lisuus. Osaltaan työjälkeen vaikuttavat myös maasto ja levi-tettävä lannoite. Käsinlannoituksen osalta parhaisiin tulok-siin päästiin urealla, työntekijän ollessa levitystyöhön tottunut sekä maaston ollessa helppokulkuista kangasta.

Taulukko 1. Poikkeamaprosentti käsinlannoituksessa (* ris-tiinlevitys).

	Lannoite	Tavoitemäärä kg/ha	Poikkema %	Vaihteluväli kg/ha	
Koe I	Oulunsalpietari	575	33,3	144,0-1611,7	*
II	"-	475	76,2	31,7-1307,9	
III	Urea	325	23,8	69,1-465,8	*
IV	"-	260	23,8	0 -429,1	
V	Metsäsalpietari	575	42,8	122,1-1301,7	*
VI	"-	400	52,4	64,4-1087,5	
VII	PK-rakeinen	420	43,8	34,5-2032,8	
VIII	"-	500	43,8	57,6-574,4	*
IX	PK-jauhemainen	460	31,2	0,8-1479,5	
X	"-	500	75,0	2,3-1020,1	*
XI	Ammoniumnitraatti	450	71,4	5,5-959,3	

Vähän lannoitustyötä suorittaneilla poikkeamaprosentti pyrki puolestaan nousemaan yli 50 % hyvilläkin työskentelymailla. Lannoitteiden osalta kostuneiden säkkien aiheuttaessa levittä-jälleen vaikeuksia, jauhemaisen PK:n ollessa varsin epäkiitollista käsiteltävää kuivanakin.

Moottorikelkkalevittimen osalta lannoitustasaisuusmittaukset koskevat vain turvemilla käytettäviä jauhemaista - ja rakeista

PK:ta. Jauhemaisen PK:n levityksessä 30 metriä leveä sarka ajettiin kolmella ajokerralla ajolinjojen välin ollessa n. 10 m. Tällä menetelmällä saatiin varsin tasaisen näköinen työjälki koko saralle, mutta poikkeamaprosentti nousi kuitenkin 40,0 %:iin, lannoitemäärän vaihdellessa 58 kg/ha ja 1356 kg/ha välillä.

Rakeisen PK:n levitys suoritettiin ajamalla moottorikelkalla keskisaralla samaa ajo-uraa pitkin kolmeen kertaan lannoitettavan alueen läpi. Menetelmä ei ollut paras mahdollinen, sillä poikkeamaprosentti oli 69,2 %. Työtulosta voidaan kuitenkin parantaa tästä vielä huomattavasti suorittamalla lannoitteen levitys saran reunalta keskisaralle päin, samalla vältytään myös lannoitteen joutumiselta ojiin.

Tasaisuusmittaukset traktoripuhaltimen työjäljestä on esitetty taulukossa 2. Lannoitteen levitys kokeissa I-IV suoritettiin 40 metrin ajouraväliä käyttäen, tämä osoittautui kuitenkin liian harvaksi, joten kokeissa V-VIII ajouraväli oli 20 metriä. Tällöin myös työjäljen tasaisuus parani huomattavasti.

Taulukko 2. Poikkeamaprosentti traktoripuhallinta käytettäessä.

	Lannoite	Tavoitemäärä kg/ha	Poikkeama %	Vaihteluväli kg/ha - kg/ha
Koe I	Oulunsalpietari	575	81,0	0 - 2647,2
II	Oulunsalpietari	575	68,3	0 - 1142,8
III	Metsäsalpietari	575	55,6	0 - 817,7
IV	Metsäsalpietari	575	66,7	0 - 873,5
V	Urea	325	28,6	80,1 - 344,0
VI	Urea	325	25,4	150,3 - 541,1
VII	Ammoniumnitraatti	450	41,3	157,3 - 990,9
VIII	Ammoniumnitraatti	450	36,5	152,5 - 615,3

Käytäntöä ajatellen on 20 metrin ajouraväliä pidettävä puunkasvatuksen kannalta liian tiheänä, joten urean ja ammoniumnitraatin kaltaiset pienirakeiset, kevyet lannoitteet tulisi levittää muilla keinoin. Raskaampirakeisille lannoitteille 30-35 metrin ajouraväli olisi riittävä, samalla tällainen ajouraverkko soveltuisi varsin hyvin korjuuta ajatellen palstatieverkoksi.

Traktoripuhaltimen käyttöä rajoittavat myös maastotekijät huomattavasti. Jotta työjälki pysyisi tasaisena, on traktorin liikuttava tasaisesti, eikä pahoja heilahduksia sivusuunnassa saisi esiintyä. Kokeissa V ja VI, sekä VII ja VIII ajouraväli oli sama, mutta jälkimmäisissä kokeissa maasto oli kaltevaa, lisäksi kuoppaisuus sekä ajouralta kaadetut puut aiheuttivat traktorin kulkiessa sivuheilahduksia, ja kulkuvaikeuden lisääntyessä myös poikkeamaprosentti nousi. Pienet epätasaisuudet, kuten kivet ja kannot aiheuttivat sen, että traktorin kulkunopeutta jouduttiin vaihtelevaan, samalla myös moottorin kerosluku vaihteli ja tämä puolestaan aiheutti muutoksia puhaltimen toimintaan. Parhaiten traktoriin asennettu puhallin soveltuu siis suurirakeisille lannoitteille ja tasaisille kangasmaille tai soille, tällöin myös levittimen työjälki on täysin käsinlevityksen veroista.

Neljäntenä tutkimuskohteena olleen lentolannoituskokeen osalta tulokset on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Poikkeamaprosentti lentolannoituskokeissa.

	Lannoite	Tavoitemäärä kg/ha	Poikkeama %	Vaihteluväli kg/ha-kg/ha
Koe I	Oulunsalpietari	575	76,2	0-1549,9
II	---	575	73,8	0-1730,1
III	Urea	325	74,6	0-1163,6
IV	---	325	69,8	0-1210,4
V	Metsäsalpietari	500	47,6	0-1514,8
VI	---	500	71,4	0-1084,4
VII	PK-rakeinen	500	78,6	0-1793,6
VIII	---	500	76,2	0-1643,6

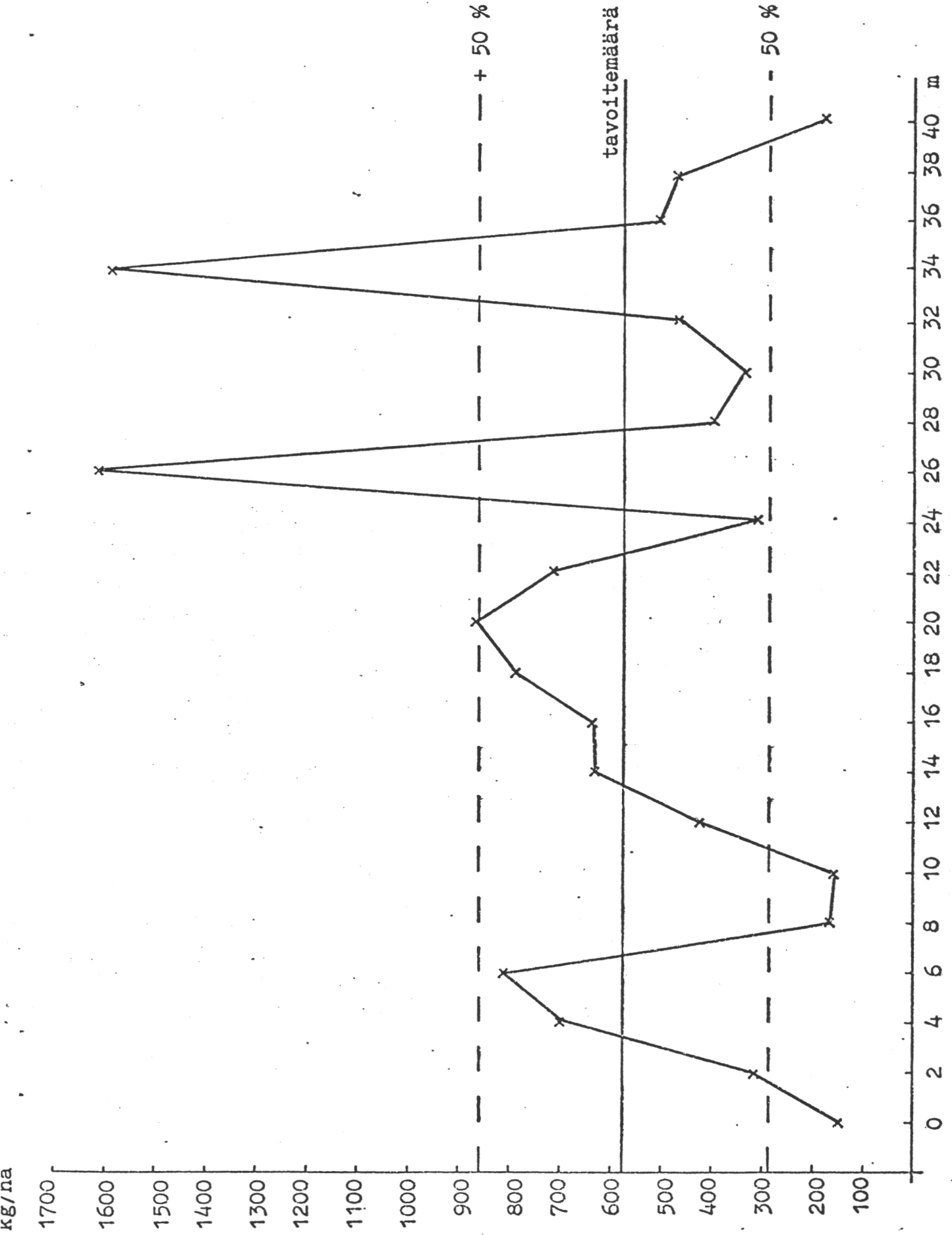
	Lannoite	Tavoite- määrä kg/ha	Poikkeama %	Vaihteluväli kg/ha-kg/ha
Koe IX	PK-jauhemainen	500	64,6	0- 876,4
X	"-	500	77,1	0-1335,6
XI	Ammoniumnitr.	450	68,3	0 -692,0
XII	"-	450	71,4	0-1694,8

Lentolannoitustyön yhteydessä kiinnittyy huomio siihen, että lannoittamattomien alueiden esiintyminen on pikemminkin sääntö kuin poikkeus. Turvemaidella lannoitteen joutumista ojiin ja ojanpientareille pyrittiinkin välttämään, eikä lannoitteen joutumista pitkittäisiin sarkaojiin todettukaan. 25-30 metriä leveät sarat käsiteltiin kertaalleen saran pituussuunnassa tapahtuvalla lennolla, tavoitemääränä oli molemmilla PK-lannoitteilla 500 kg/ha. Käytössä olevat levitinlaitteet eivät kuitenkaan soveltuneet näin suurille levitysmäärille ja tästä johtuen lannoitteen jakautuma jäi varsin epätasaiseksi. Myös kangasmailla suoritetuissa kokeissa levittimien rakenne aiheutti epätasaista lannoitteen jakautumista tavoitemäärien ollessa 450-575 kg/ha. Osaltaan tämä vaikutti siihen, että poikkeamaprosentti nousi varsin korkeaksi. Suurimpana syynä varsinkin kangasmailla oli kuitenkin se, että tasaisessa maastossa kiintopisteiden saanti oli vaikeata, ja näin ollen lannoitustyössä lentolinjojen välimatka vaihteli, joten lannoittamattomia kais-toja jäi varsin helposti. Lannoitelajilla ei tässä suhteessa juuri näyttänyt olevan vaikutusta, lannoituskaistan leveyden lisääntyessä jonkin verran raekoon kasvaessa.

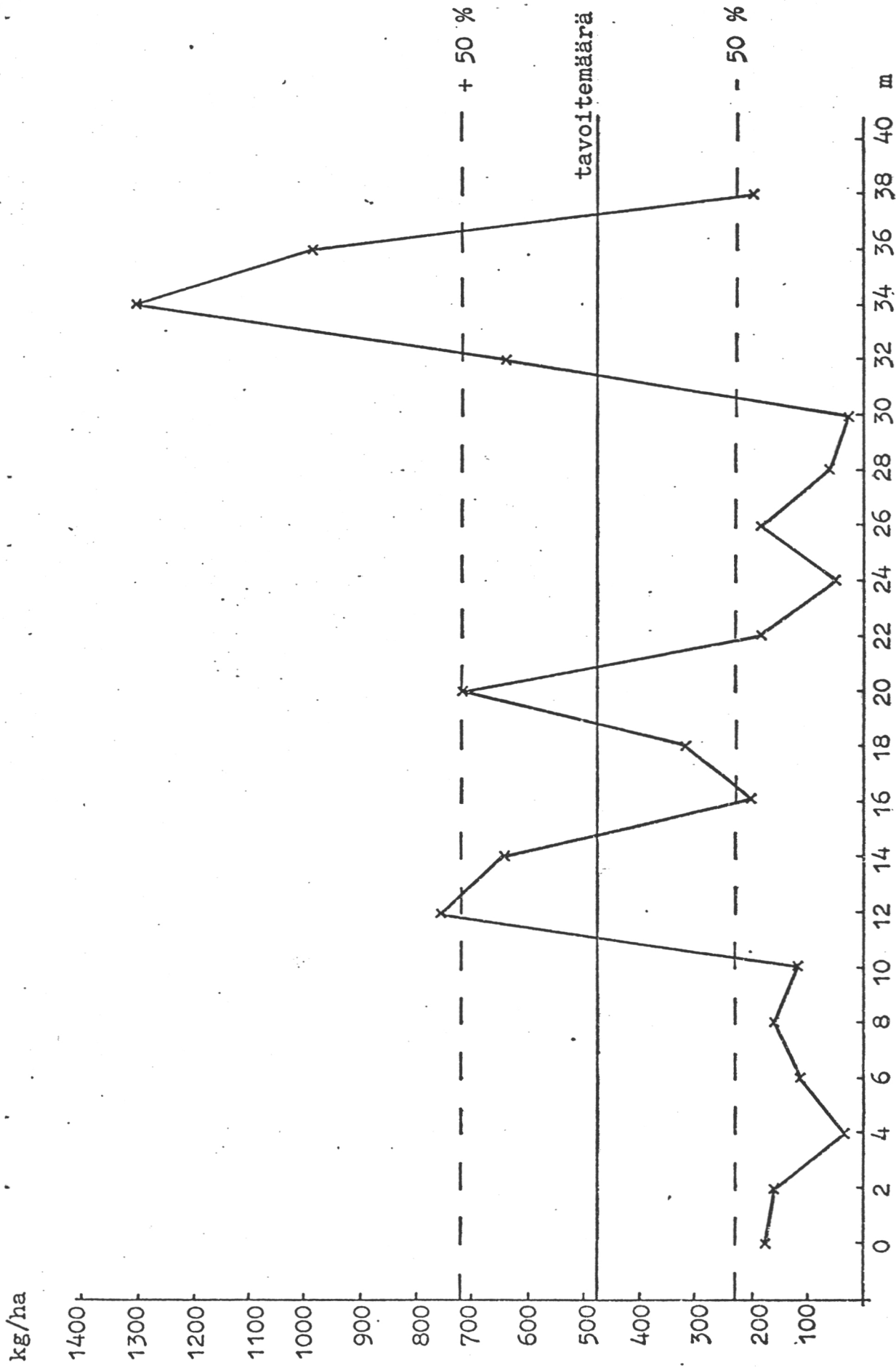
Poikkeamaprosentin riippuvuutta lentolannoitusmenetelmästä sekä tehokkaasta kiintopistemerkkien käytöstä osoittavat mm. Uudessa Seelannissa suoritetut kokeet. Näissä poikkeamaprosentti on laskenut 5-10 prosenttiin, kun kerrallaan levitettävä lannoitemäärä on ollut alle 300 kg/ha ja selvästi näkyviin asetetut lennon-ohjausmerkit ovat mahdollistaneet tasaisen lentolinjavälin valinnan siten, että lannoituskaistat osittain peittävät toisensa,

jolloin koko alue on saanut vähintään 2-3 kertaista lannoitepeiton.

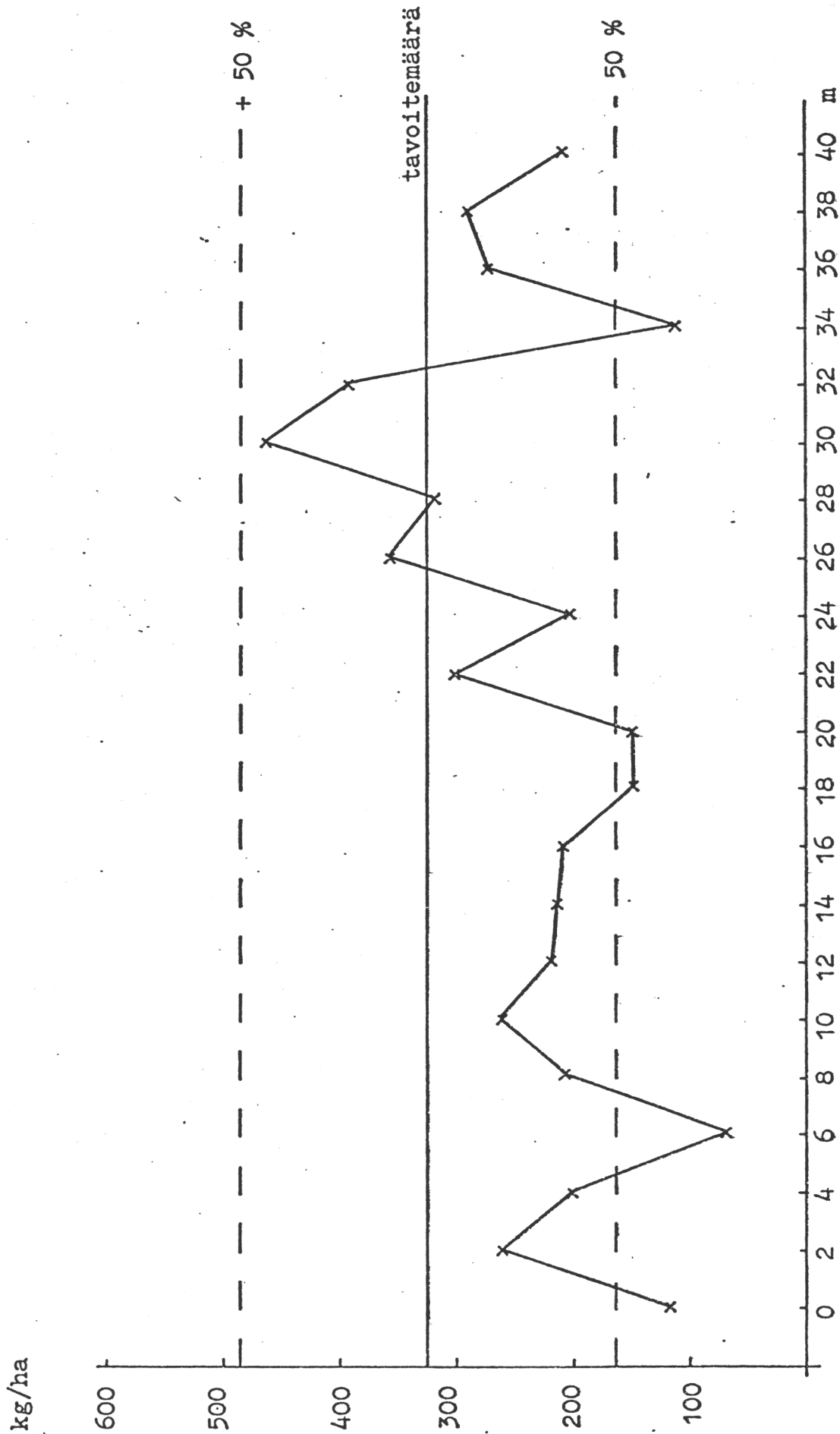
Tällä hetkellä ei vielä ole täyttä selvyyttä siitä, mikä merkitys lannoituksen levitystasaisuudella on puuston kasvun kannalta, tämän selvittämiseksi on kuitenkin perustettu kenttäkoesarja. Jo nyt suoritettujen kokeiden perusteella voidaan joka tapauksessa todeta, että levitystasaisuutta pystytään nykyisestään tarvittaessa parantamaan sekä käsin- että koneellisen levityksen yhteydessä.



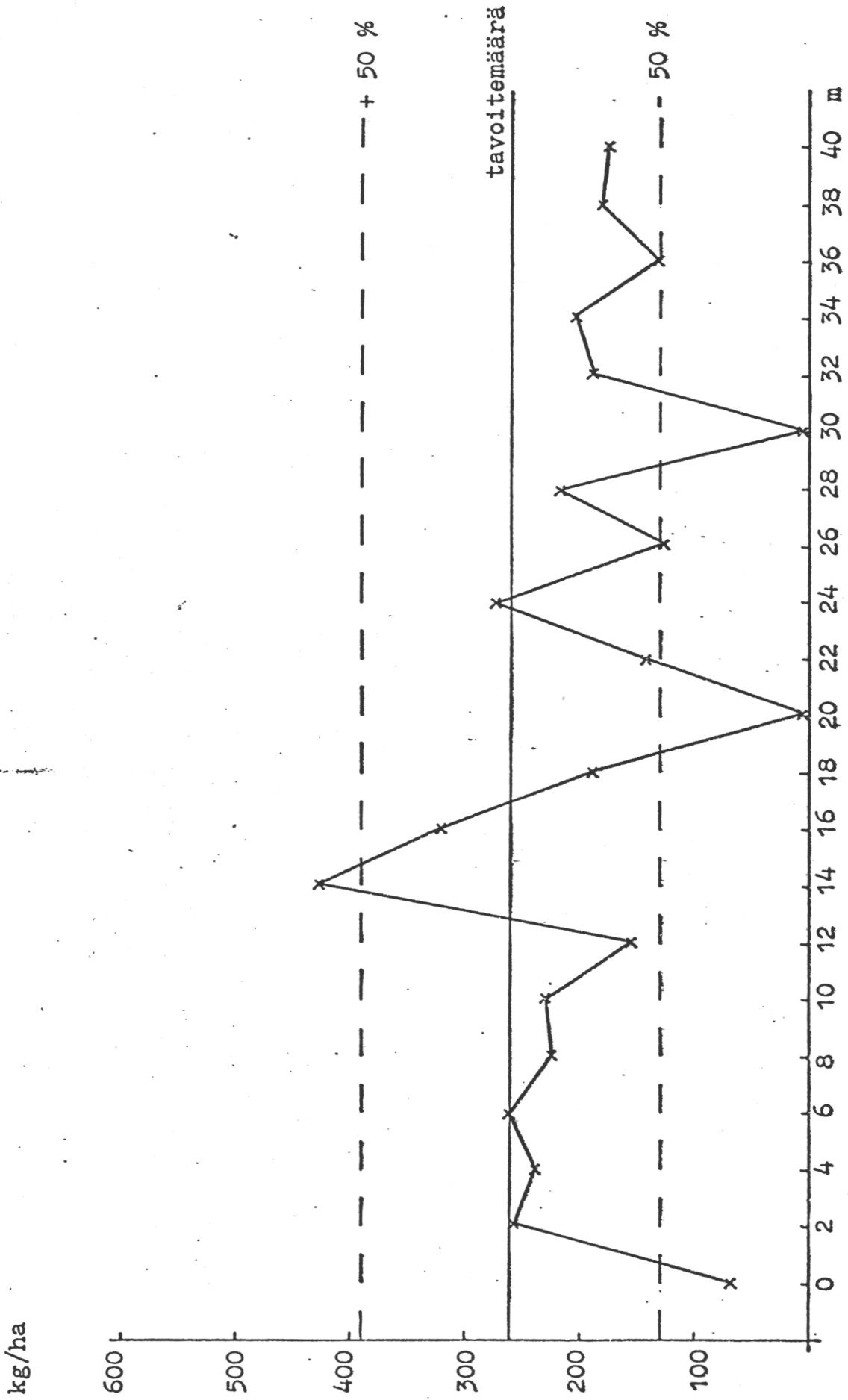
Lannoitejakauma käsinlannoituskokeessa I (ristinlevitys). Oulunsalpietari, tavoite 575 kg/ha, poikkeamaprosentti 33,3.



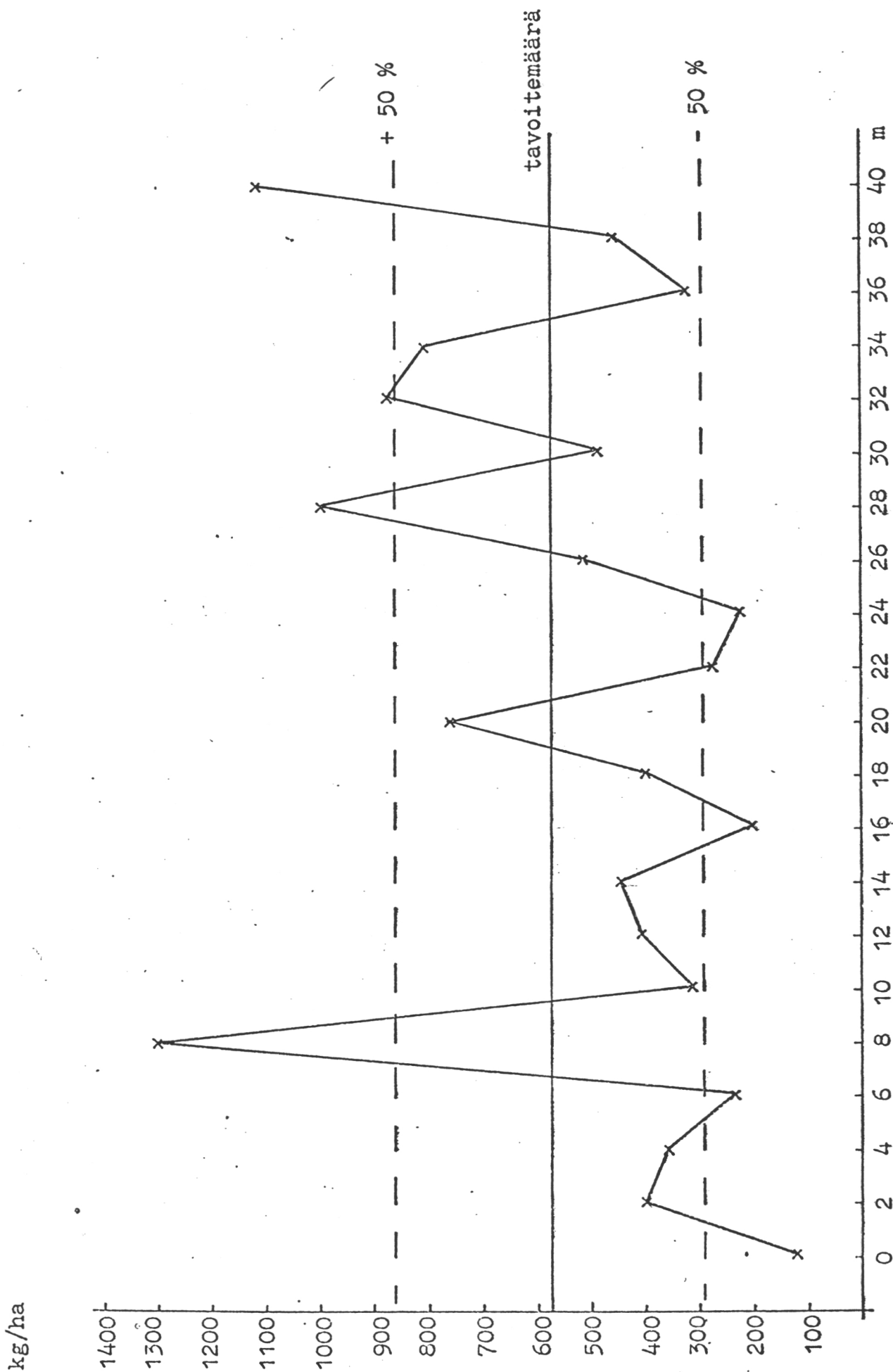
Lannoitejakauma käsinlannoituskokeessa II. Oulunsalpietari, tavoite 475 kg/ha, poikkeama-
prosentti 76,2.



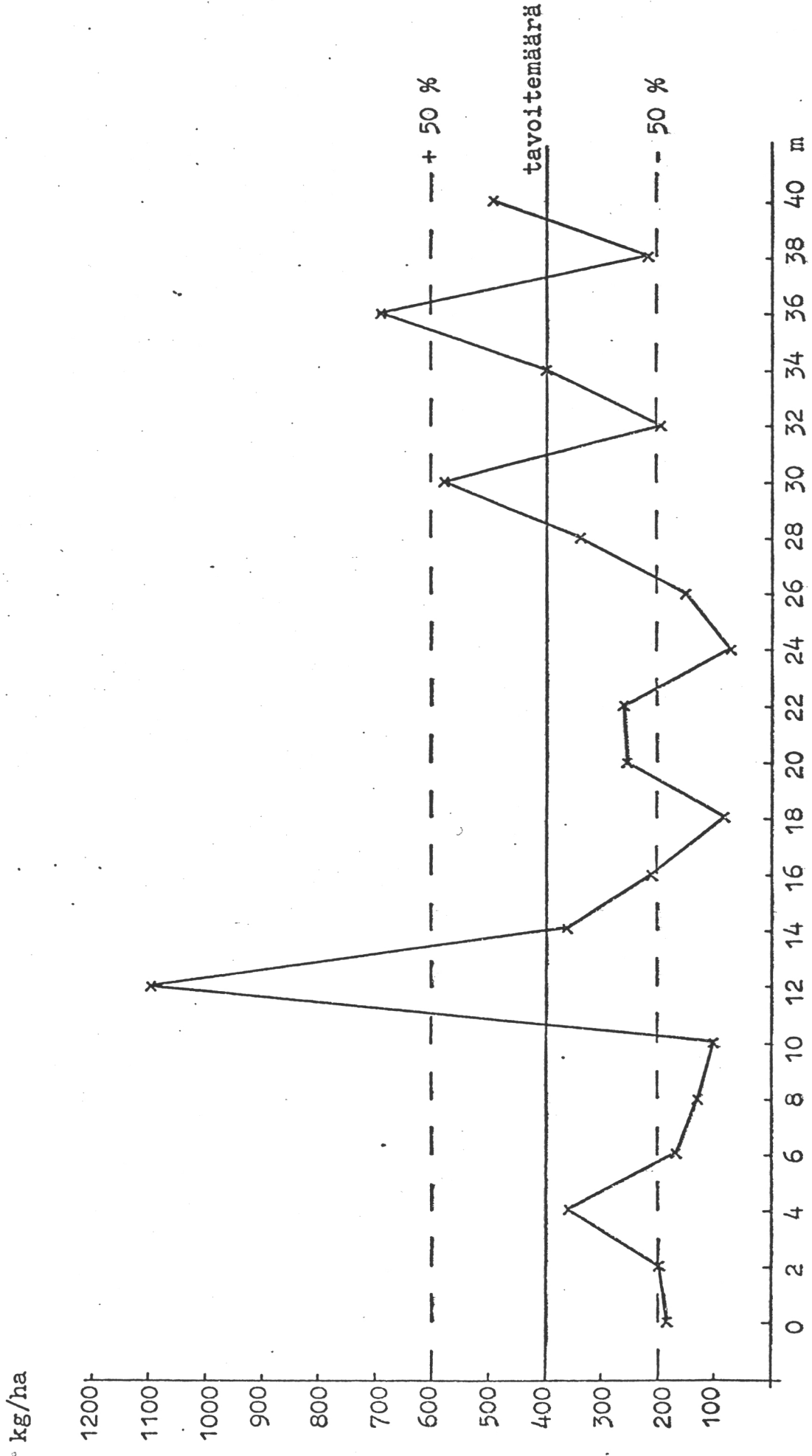
Lannoitejakauma käsinlannoituskokeessa III, (ristiinlevitys). Urea, tavoite 325 kg/ha, poikkeama-
prosentti 23,8.



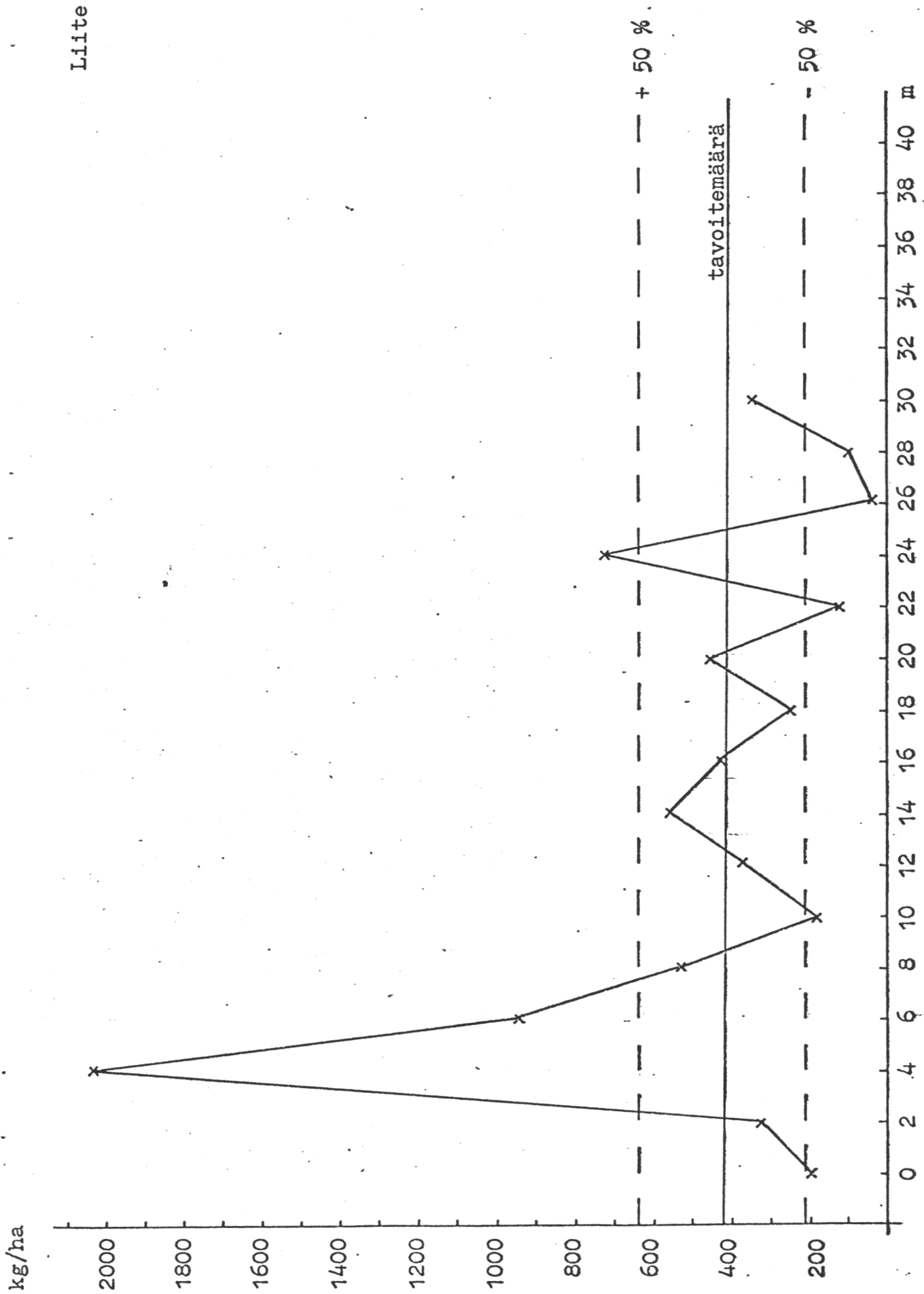
Lannoitejakauma käsinlannoituskokeessa IV. Urea, tavoite 260 kg/ha, poikkeamaprosentti 23,8.



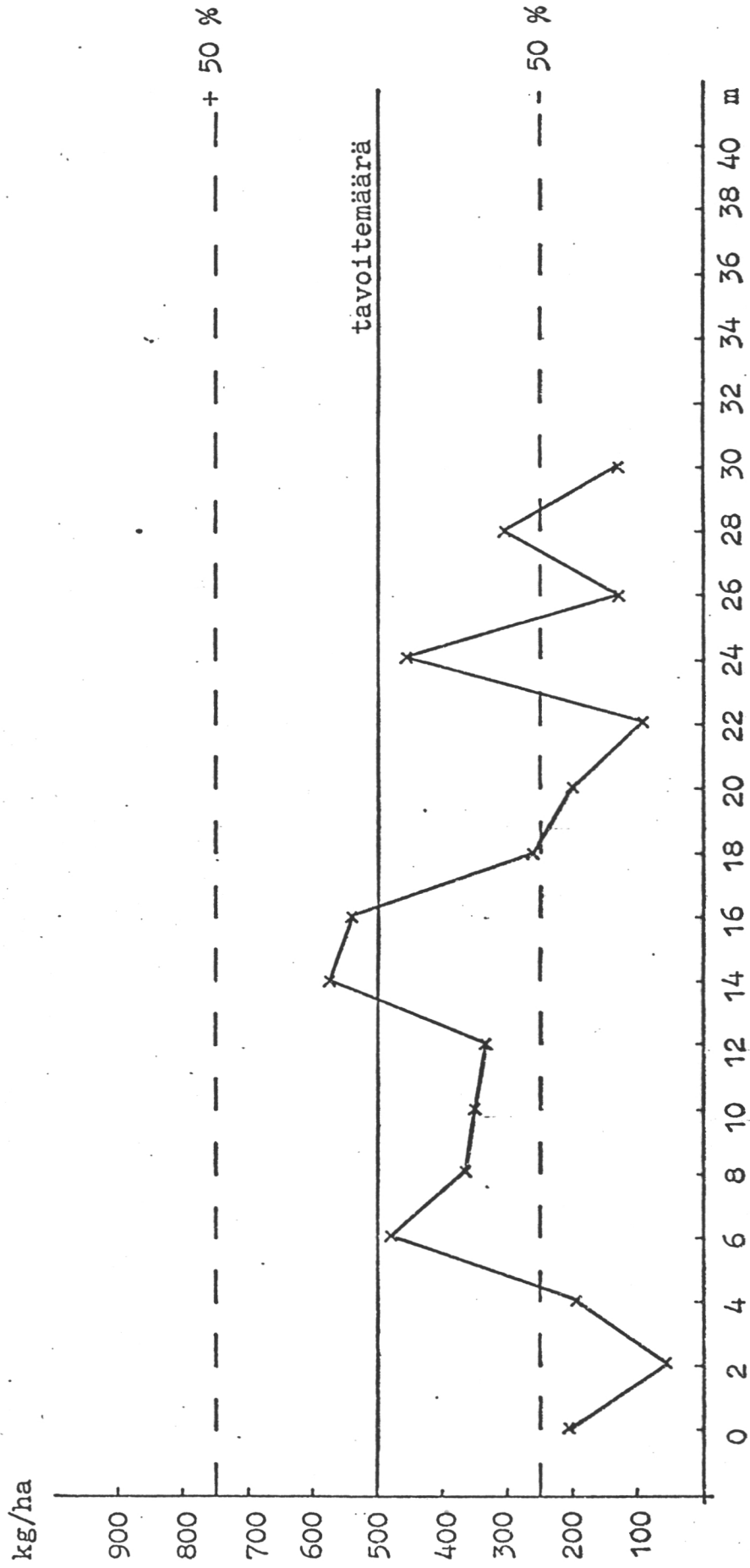
Lannoitejakauma käsinlannoituskokeessa V (ristinlevitys), Metsäsalpietari, tavoite 575 kg/ha, poikkeamaprosentti 42,8.



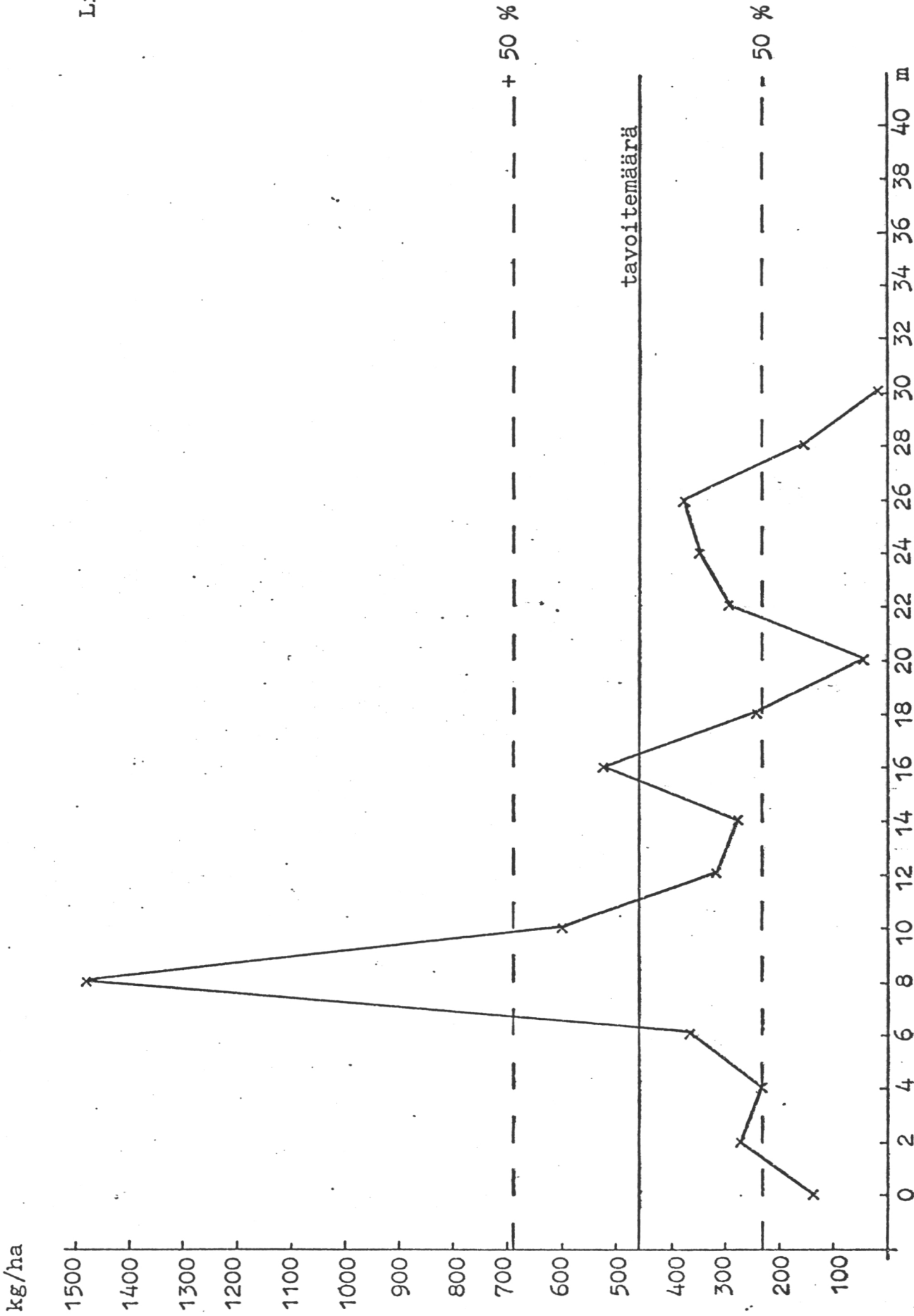
Lannoitejakauma käsinlannoituskokeessa VI. Metsäsalpietari, tavoite 400 kg/ha, poikkeama- prosentti 52,4.



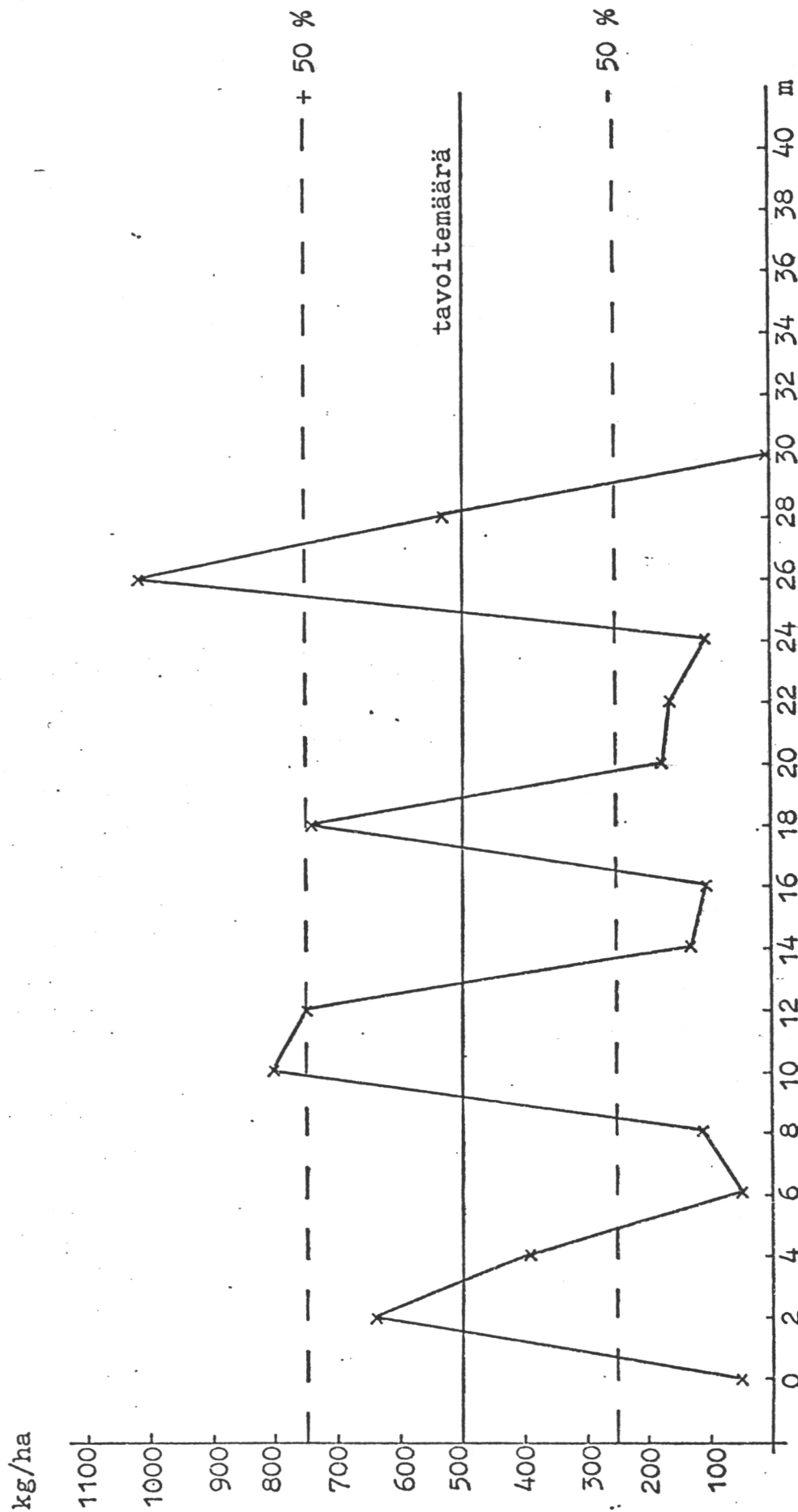
Lannoitejakauma käsinlannoituskokeessa VII. PK-rakeinen, tavoite 420 kg/ha, poikkeama-
prosentti 43,8.



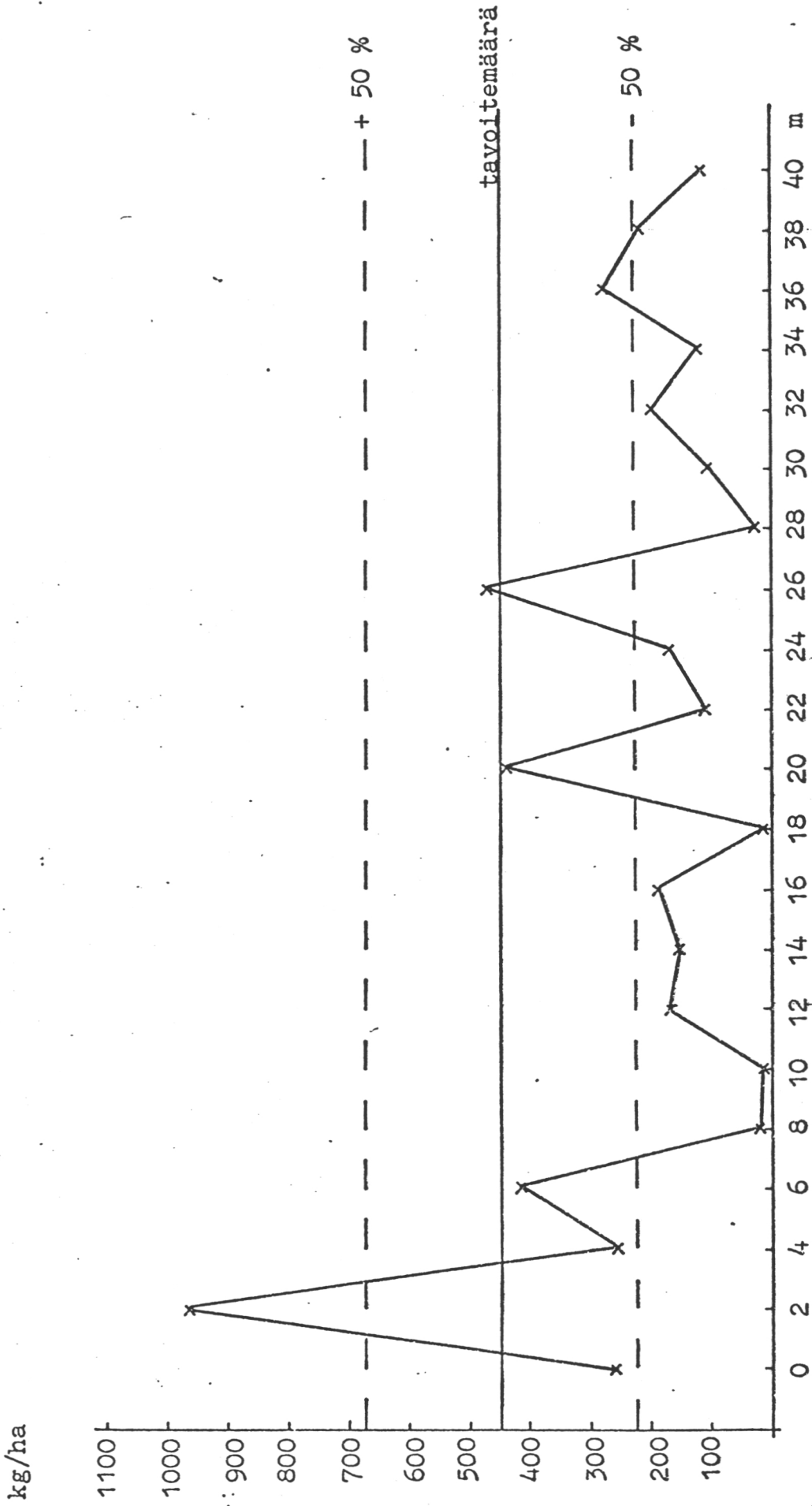
Lannoitejakauma käsinlannoituskokeessa VIII (ristiinlevitys). PK-rakeinen, tavoite 500 kg/ha, poikkeamaprosentti 43,8.



Lannoitejakauma käsinlannoituskokeessa IX. PK-jauhemaainen, tavoite 460 kg/ha, poikkeama-
prosentti 31,2.

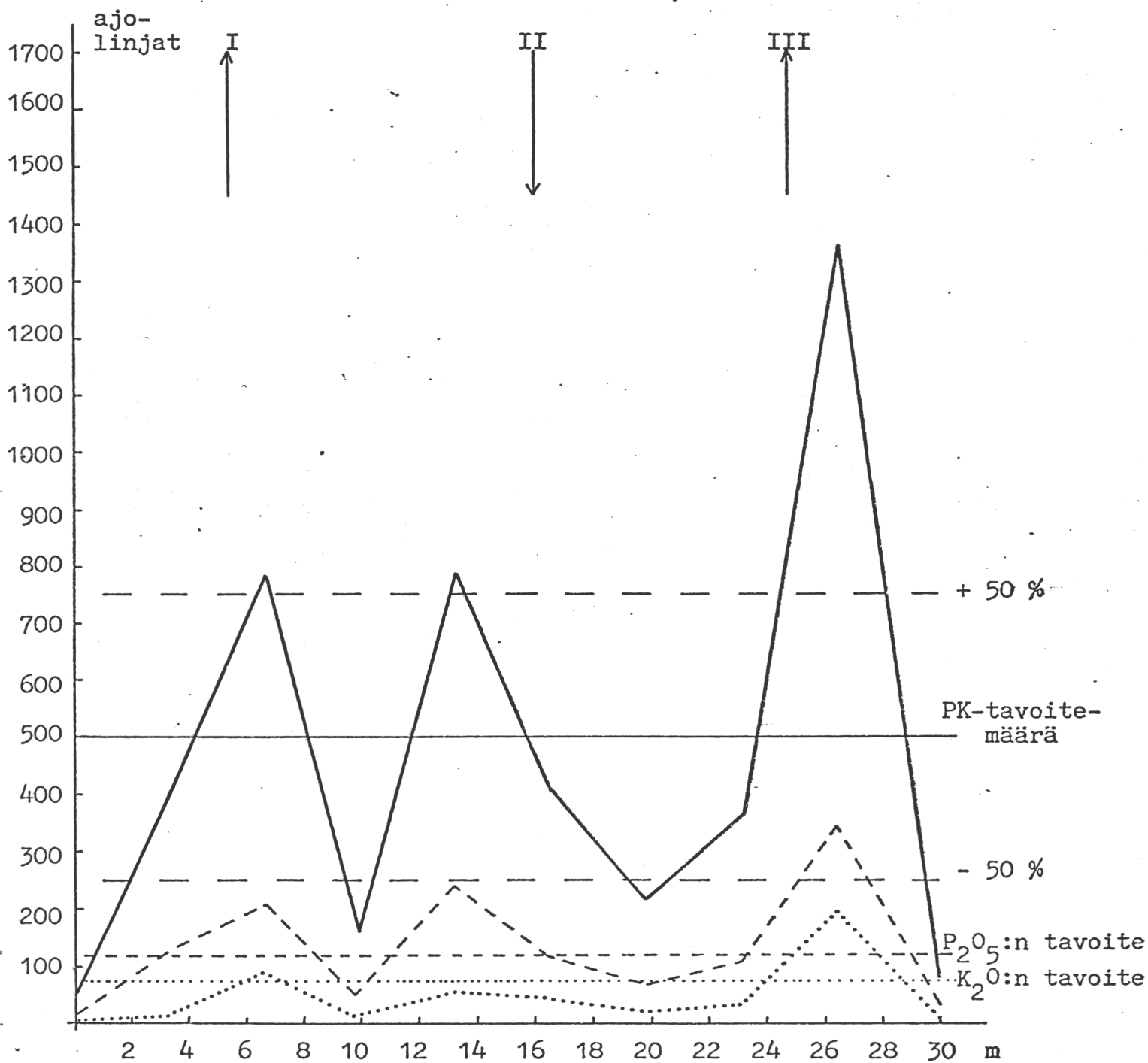


Lannoitejakauma käsinlannoituskokeessa X (ristinlevitys). PK-jauhemainen, tavoite 500 kg/ha, poikkeamaprosentti 75,0.

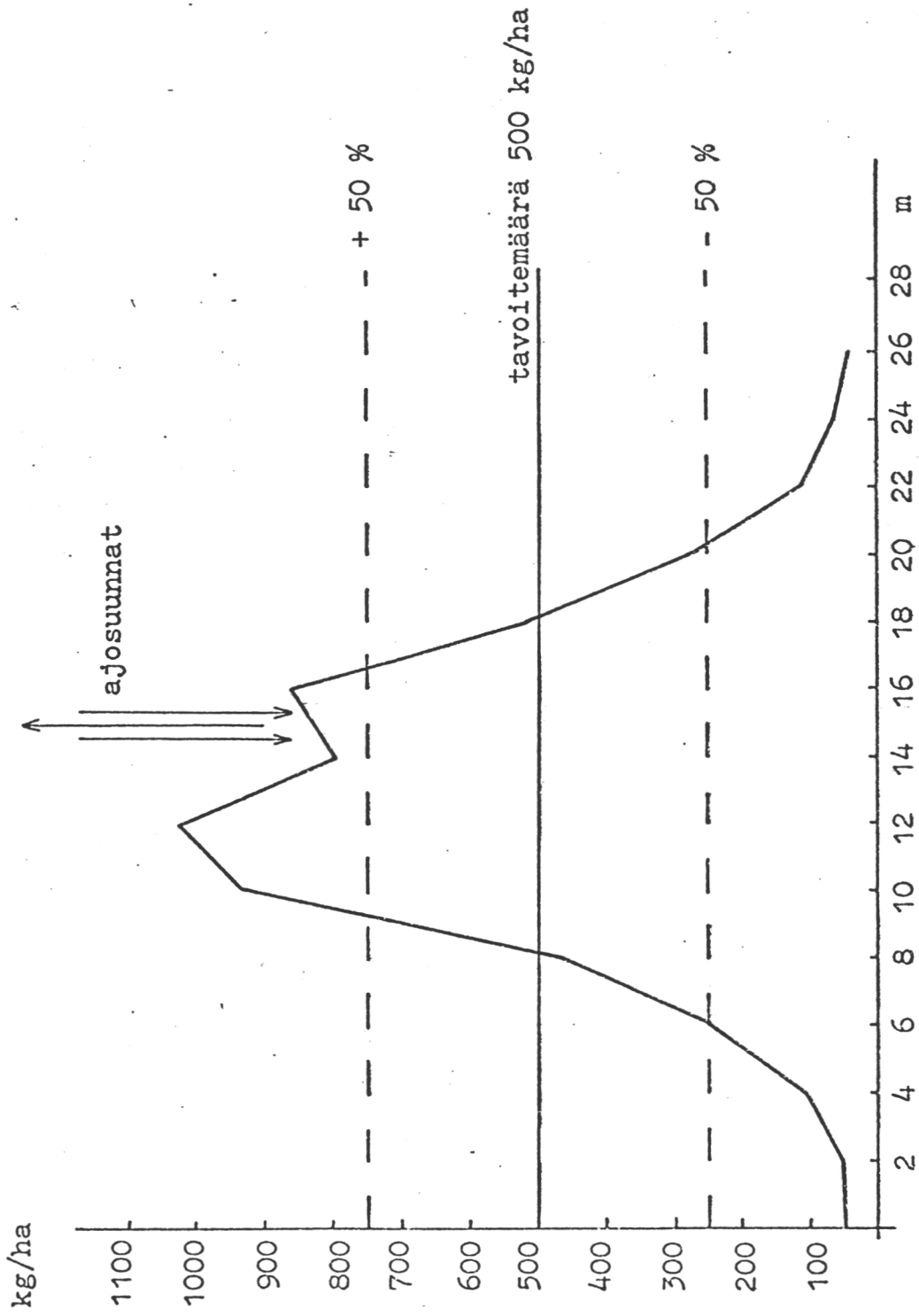


Lannoitejakauma käsinlannoituskokeessa XI. Ammoniumnitraatti, tavoite 450 kg/ha, poikkeama-
prosentti 71,4,

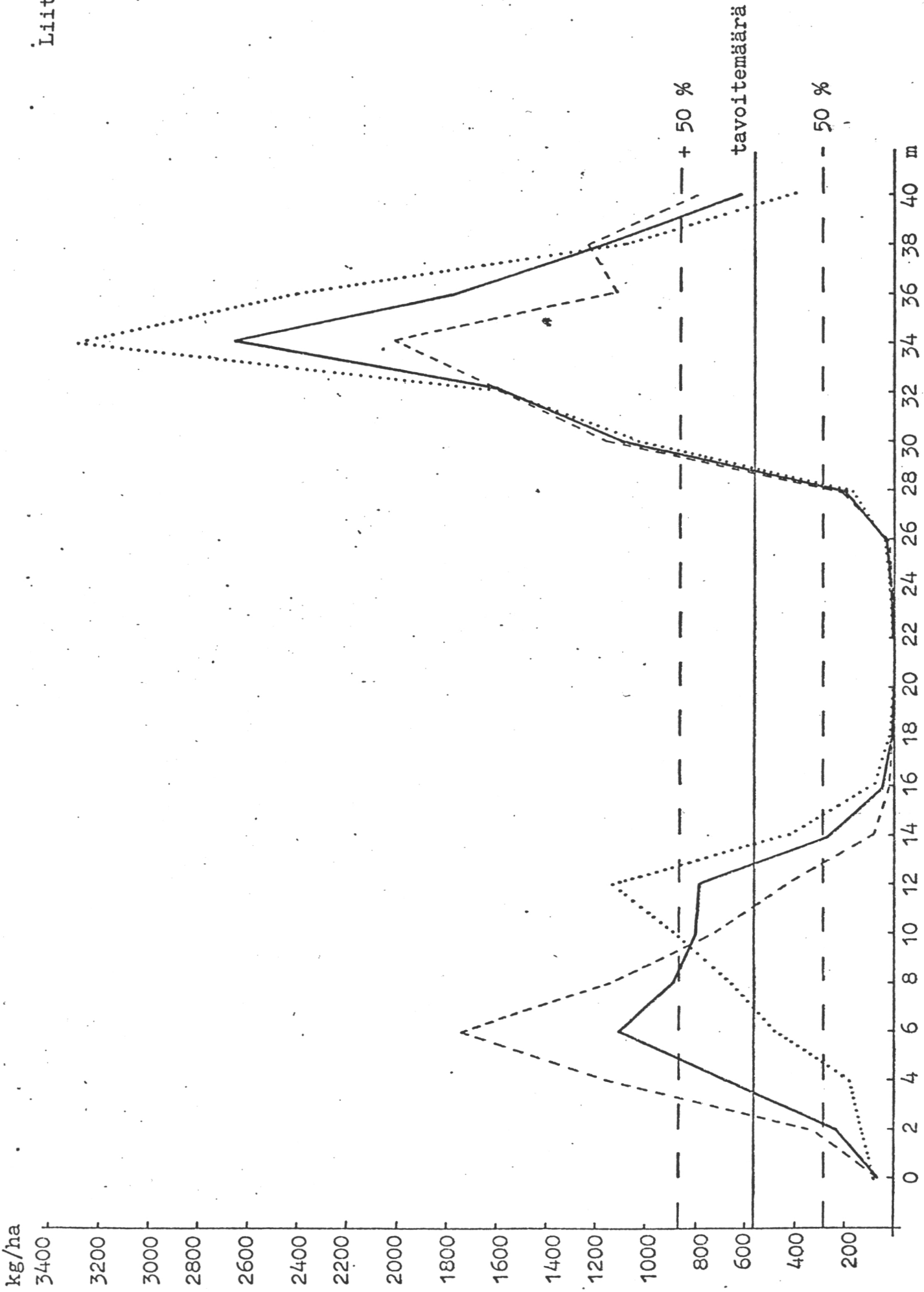
kg/ha



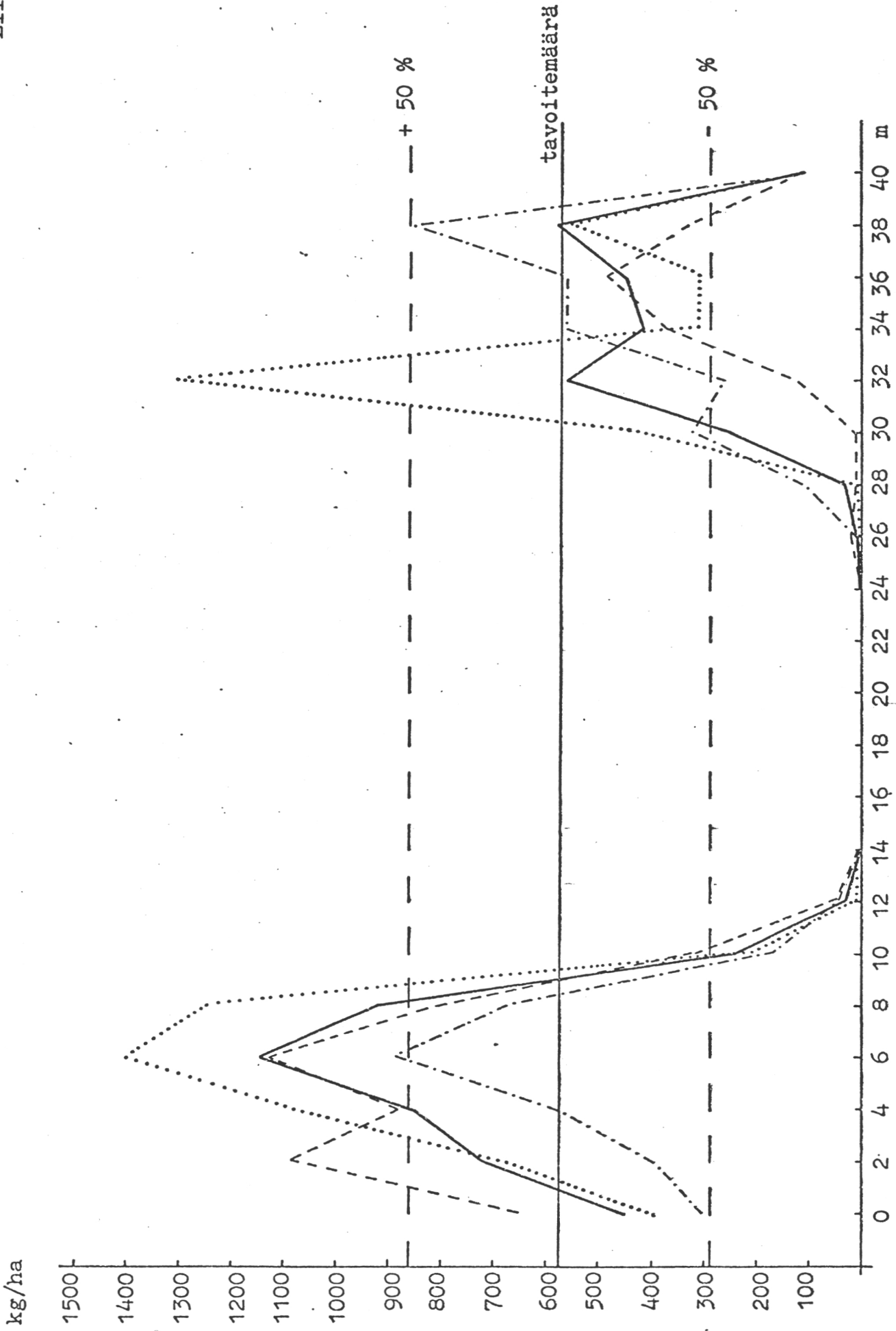
Lannoitejakauma moottorikelkkalannoituskokeessa I. PK-jauhemainen. tavoite 500 kg/ha, poikkeamaprosentti 40,0.



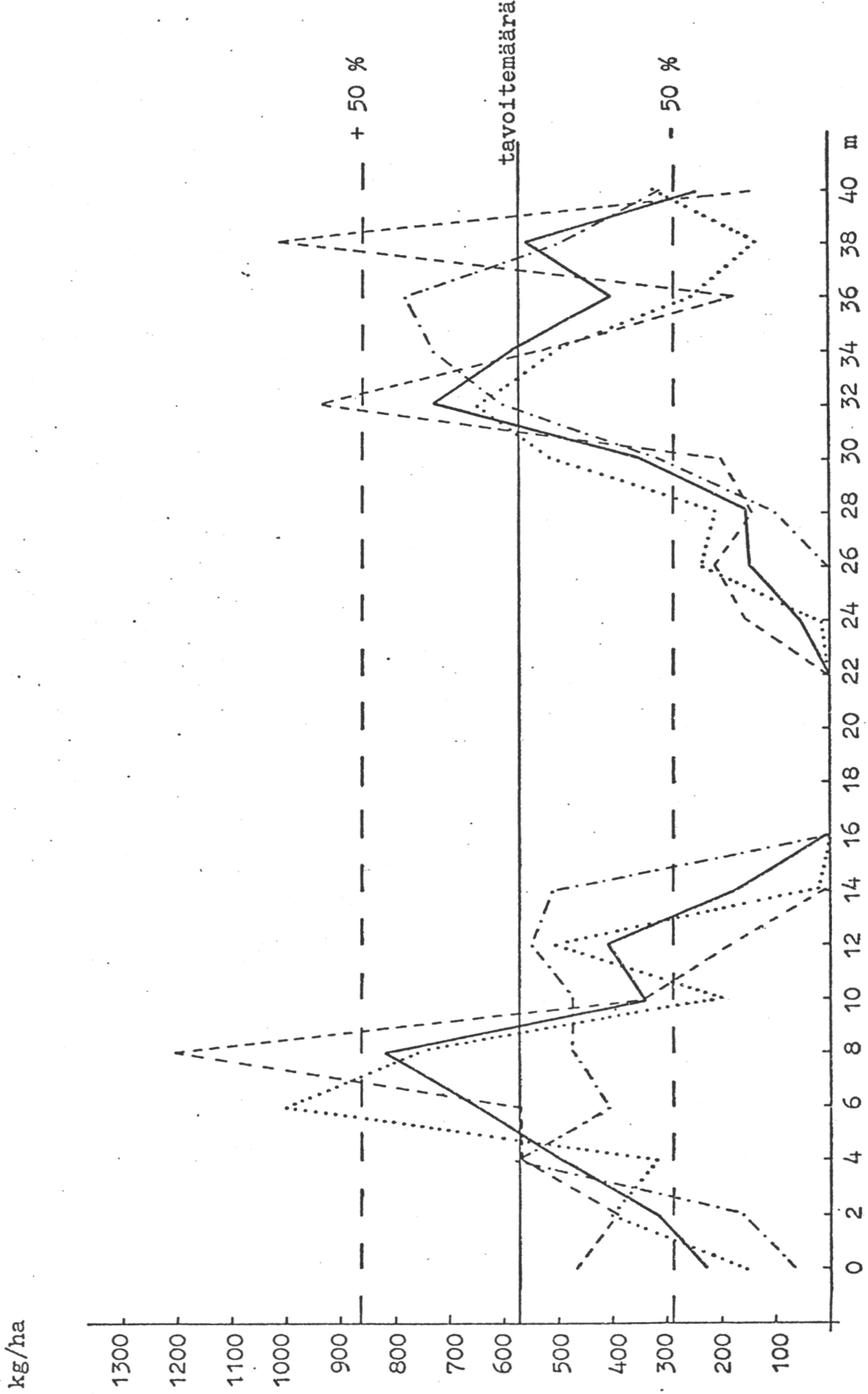
Lannoitejakauma moottorikelkkalannoituskokeessa II. PK-rakeinen, tavoite 500 kg/ha, poikkeamaprosentti 669,2.



Lannitejakauma traktorilannoituskokeessa I. Oulunsalpietari, tavoite 575 kg/ha, poikkeama- prosentti 81,0. Yhtenäinen viiva on keskimääräinen tulos.

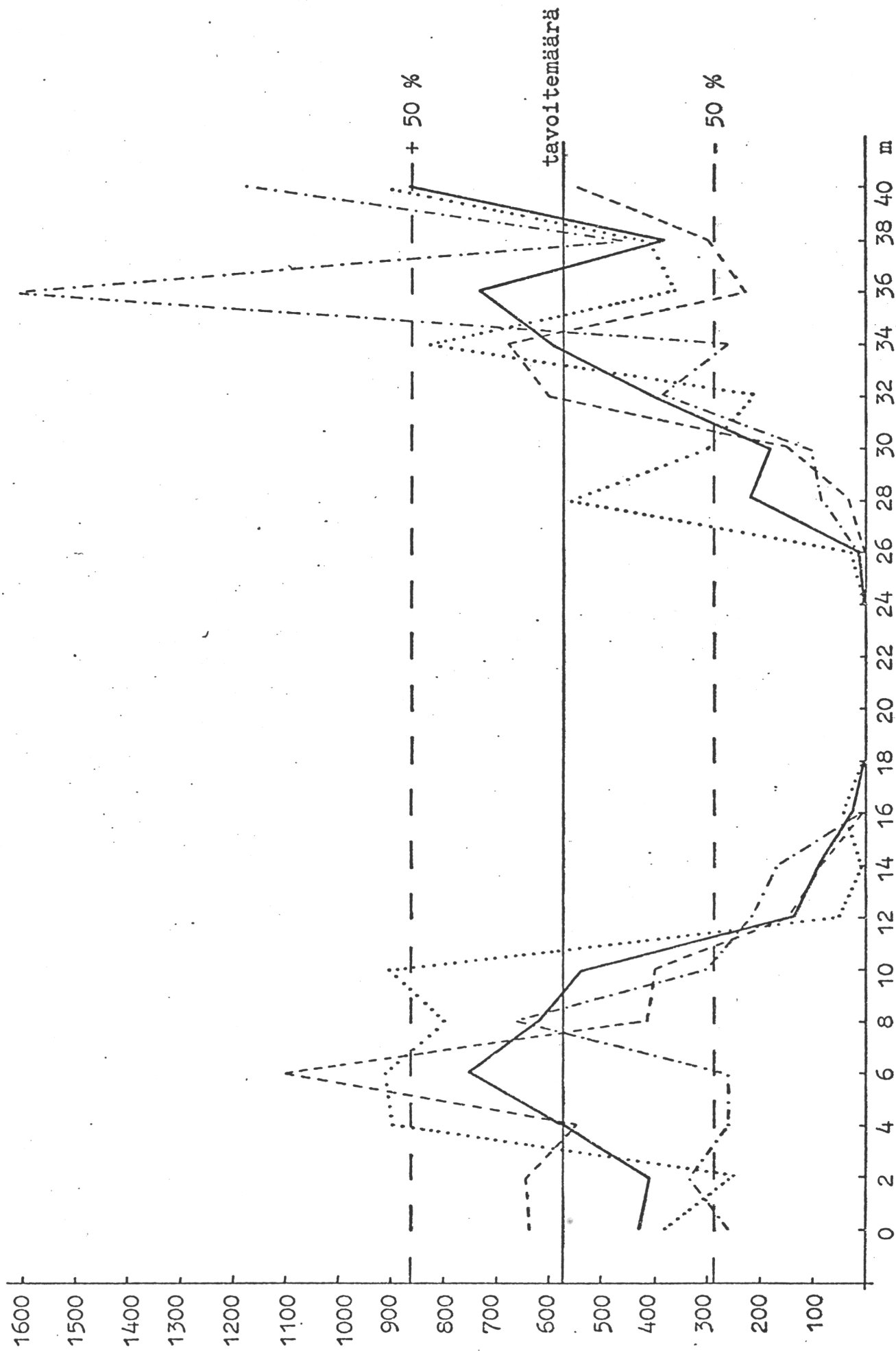


Lannoitejakauma traktorilannoituskokeessa II. Oulunsalpietari, tavoite 575 kg/ha, poikkeama- prosentti 68,3. Yhtenäinen viiiva on keskimääräinen tulos.

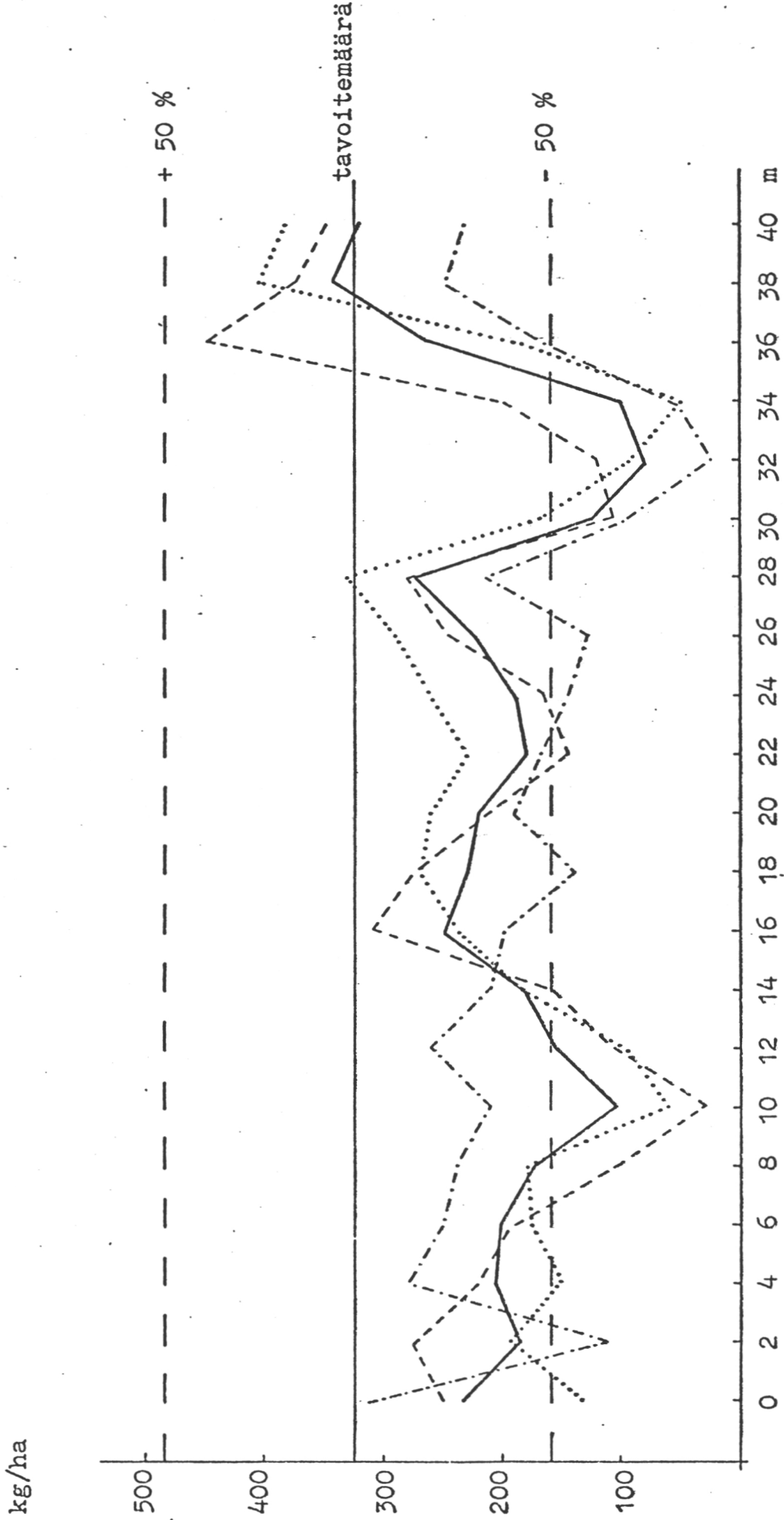


Lannoitejakauma traktorilannoituskokeessa III. Metsäsalpietari, tavoite 575 kg/ha, poikkeama-prosentti 55,6. Yhtenäinen viiva on keskimääräinen tulos.

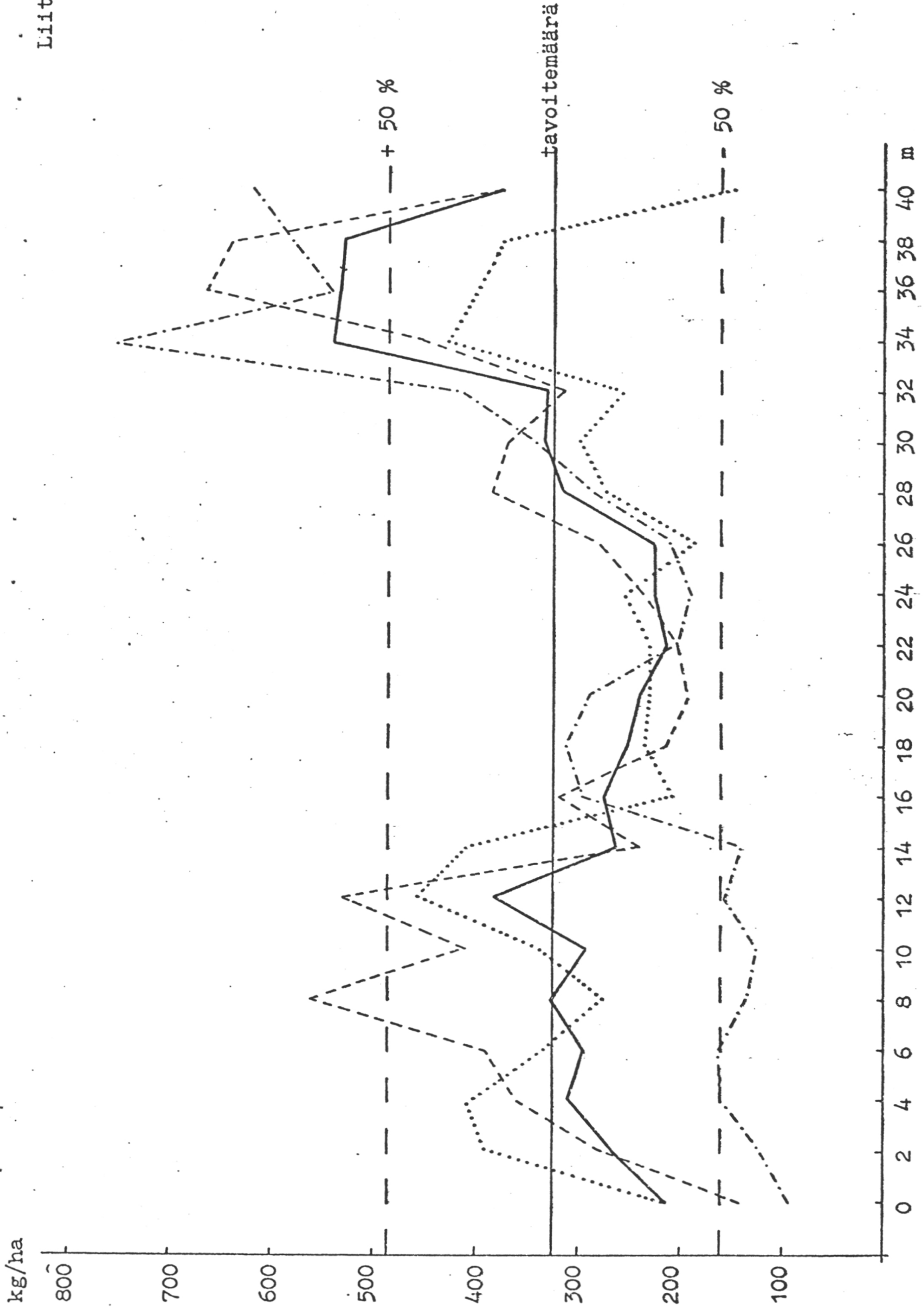
kg/ha



Lannoitejakauma traktorilannoituskokeessa IV. Metsäsalpietari, tavoite 575 kg/ha, poikkeama-prosentti 66,7. Yhtenäinen viiva on keskimääräinen tulos.



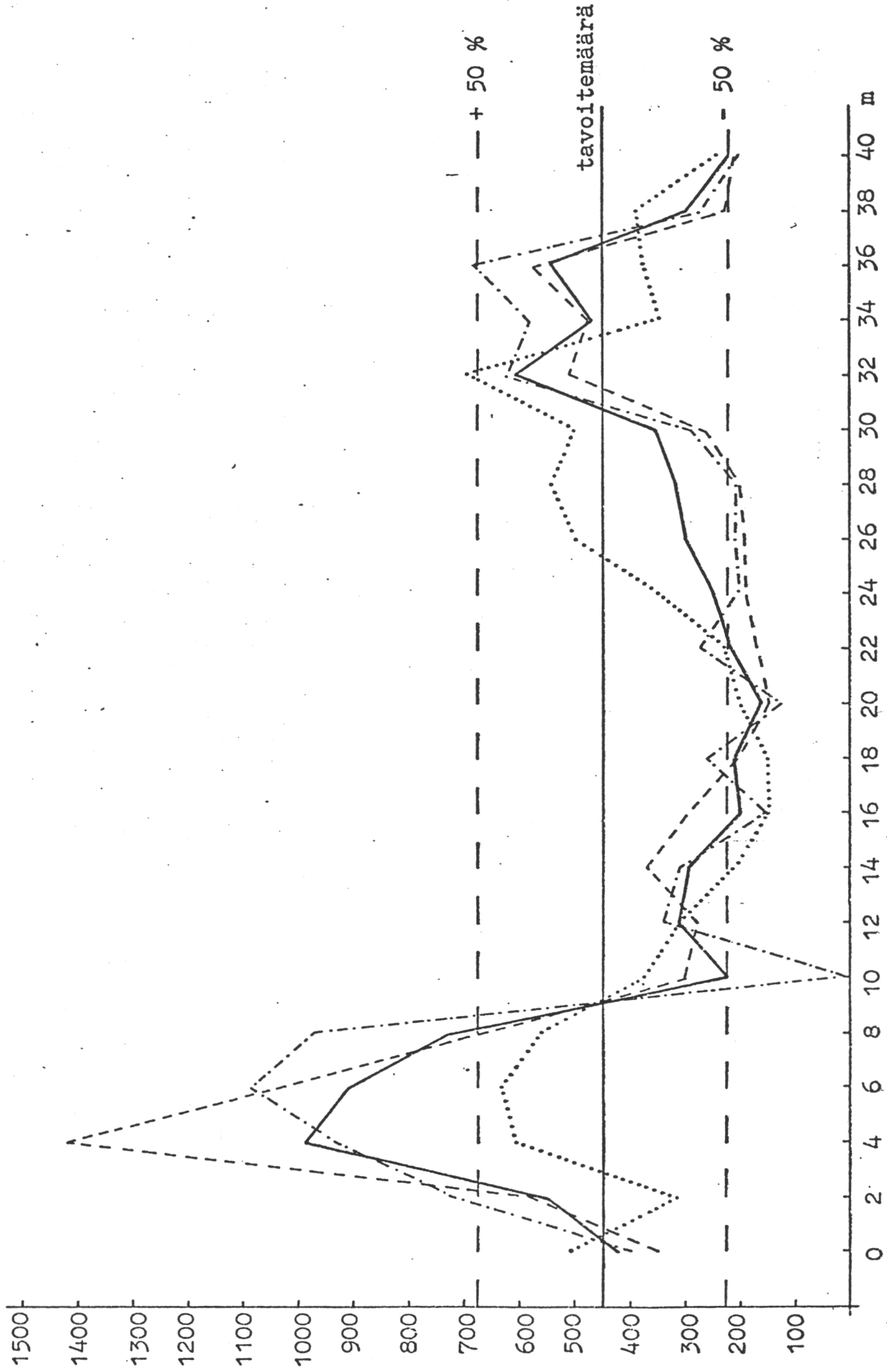
Lannoitejakauma traktorilannoituskokeessa V. Urea, tavoite 325 kg/ha, poikkeamaprosentti 28,6. Yhtenäinen vilva on keskimääräinen tulos.



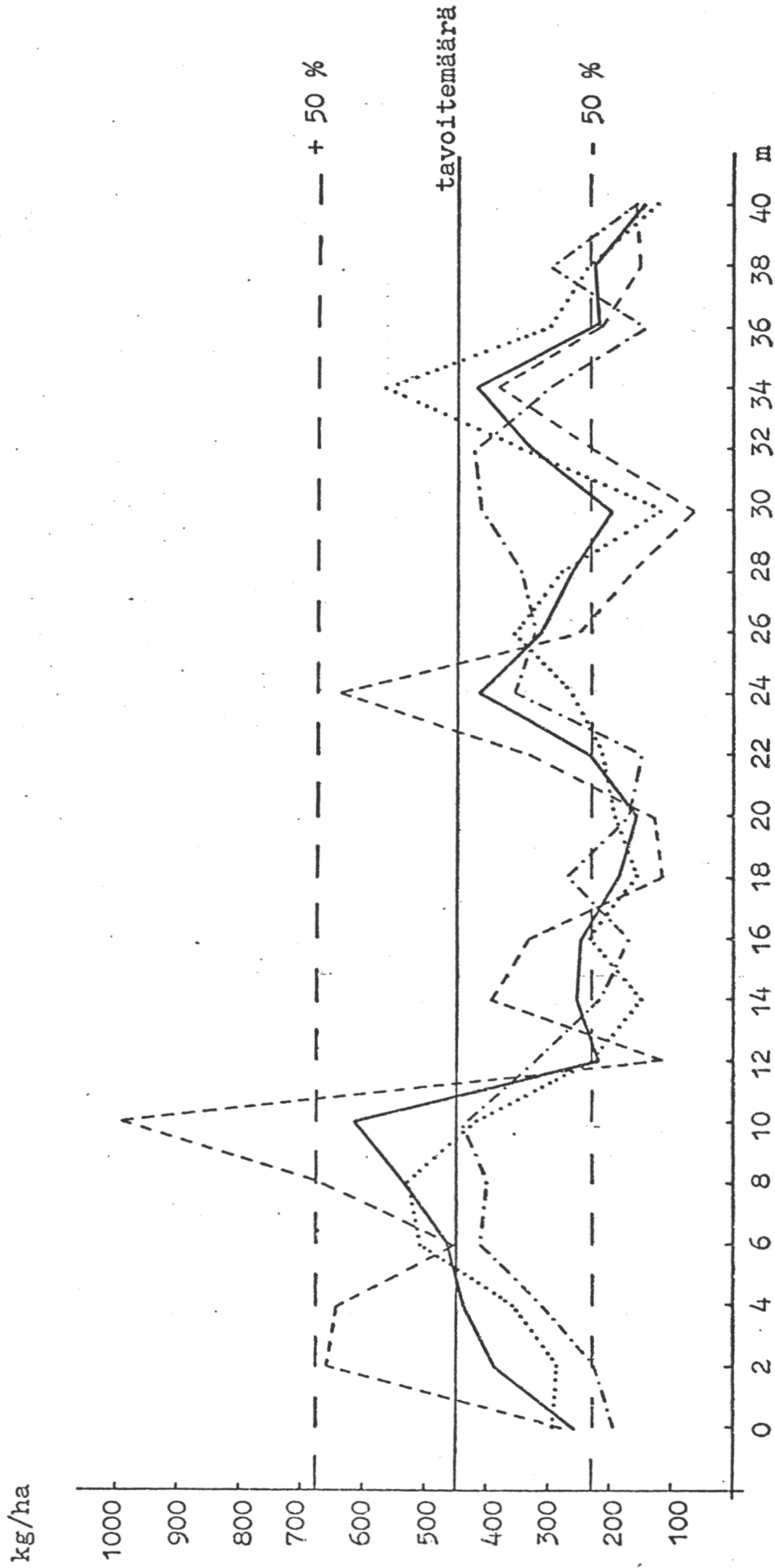
Lannoitejakauma traktorilannoituskokeessa VI. Urea, tavoite 325 kg/ha, poikkeamaprosentti 25,4. Yhtenäinen viiva on keskimääräinen tulos.

kg/ha

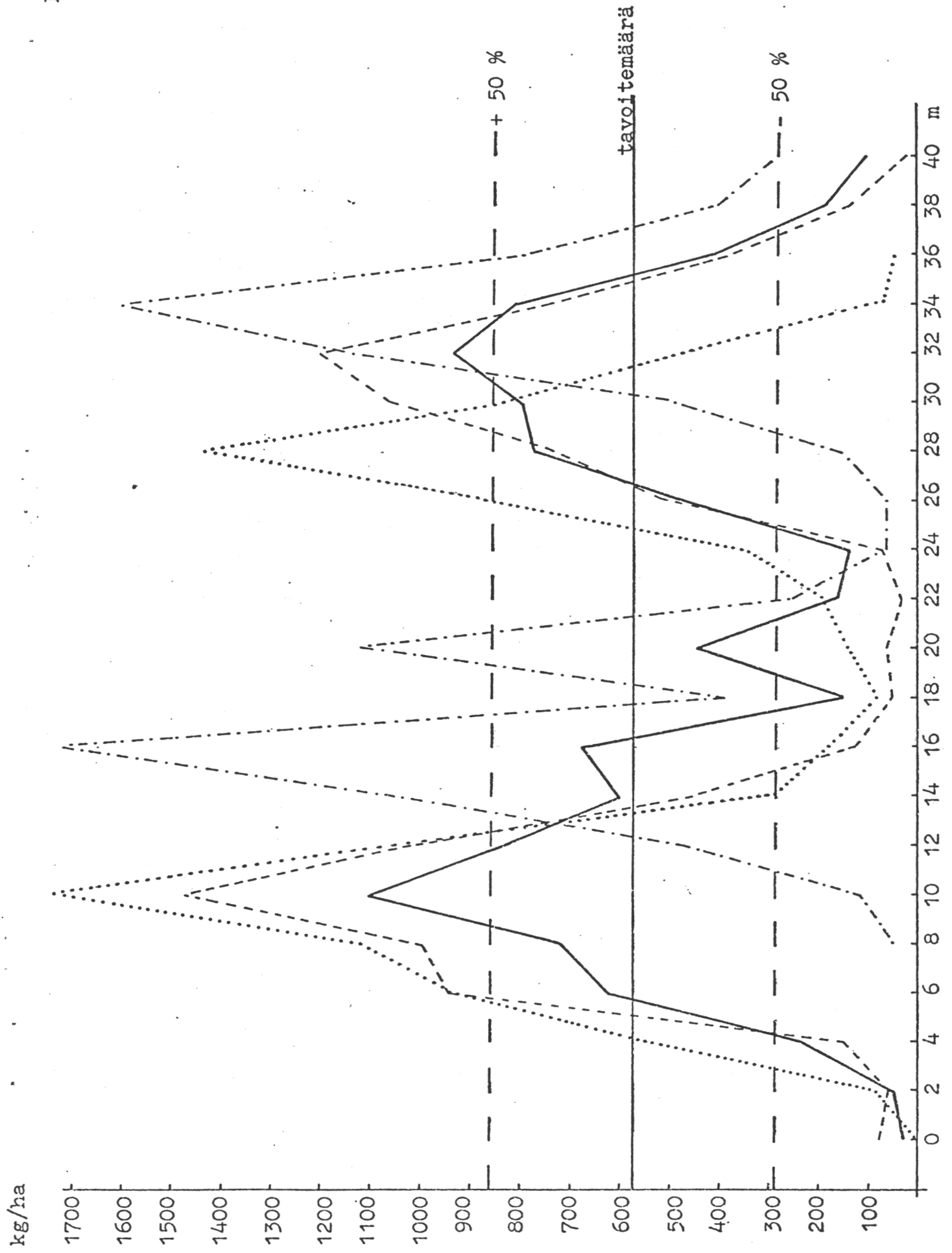
Liite 20



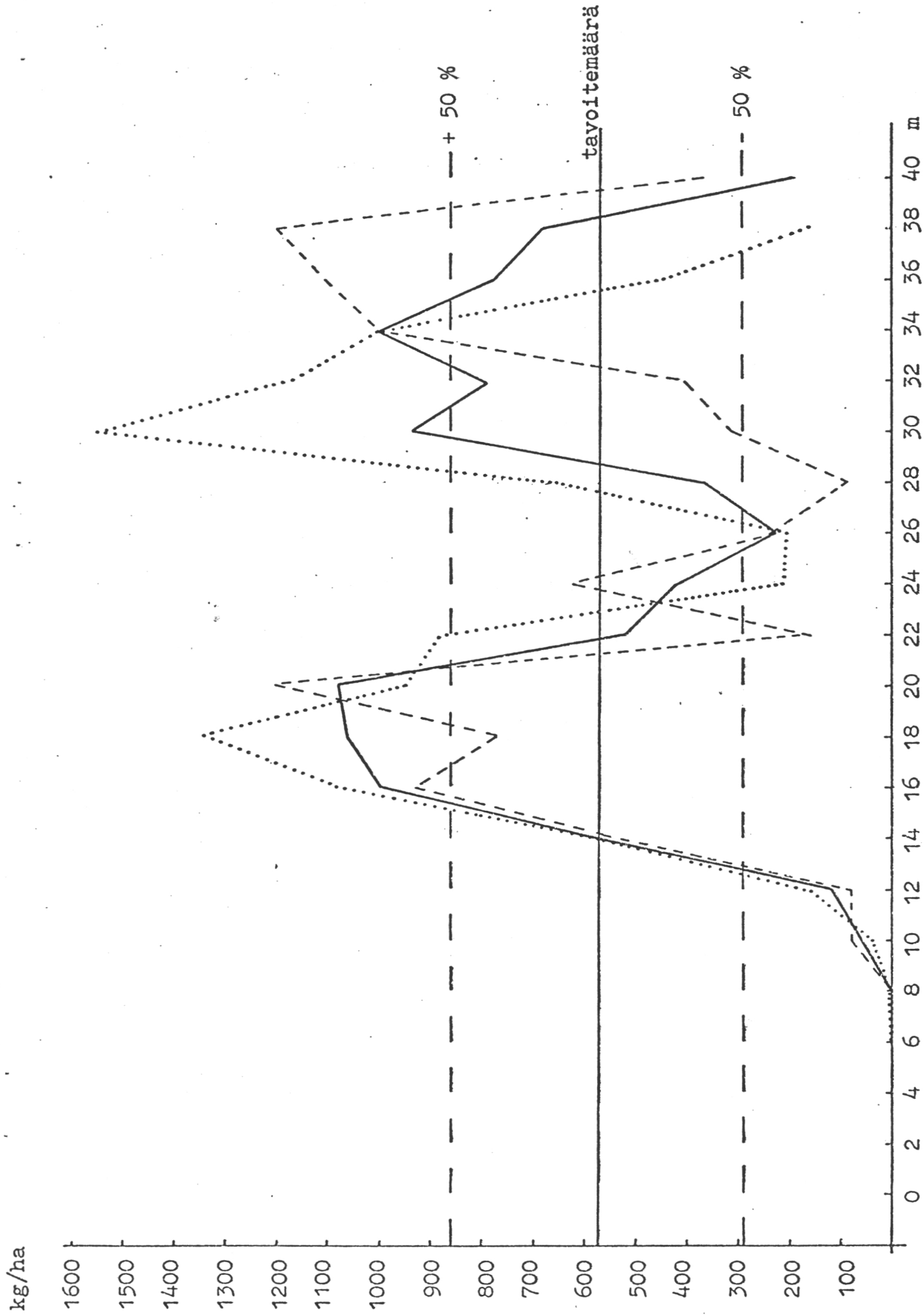
Lannoitejakauma traktorilannoituskokeessa VII. Ammoniumnitraatti, tavoite 450 kg/ha, poikkeama-
prosentti 41,3. Yhtenäinen viiva on keskimääräinen tulos.



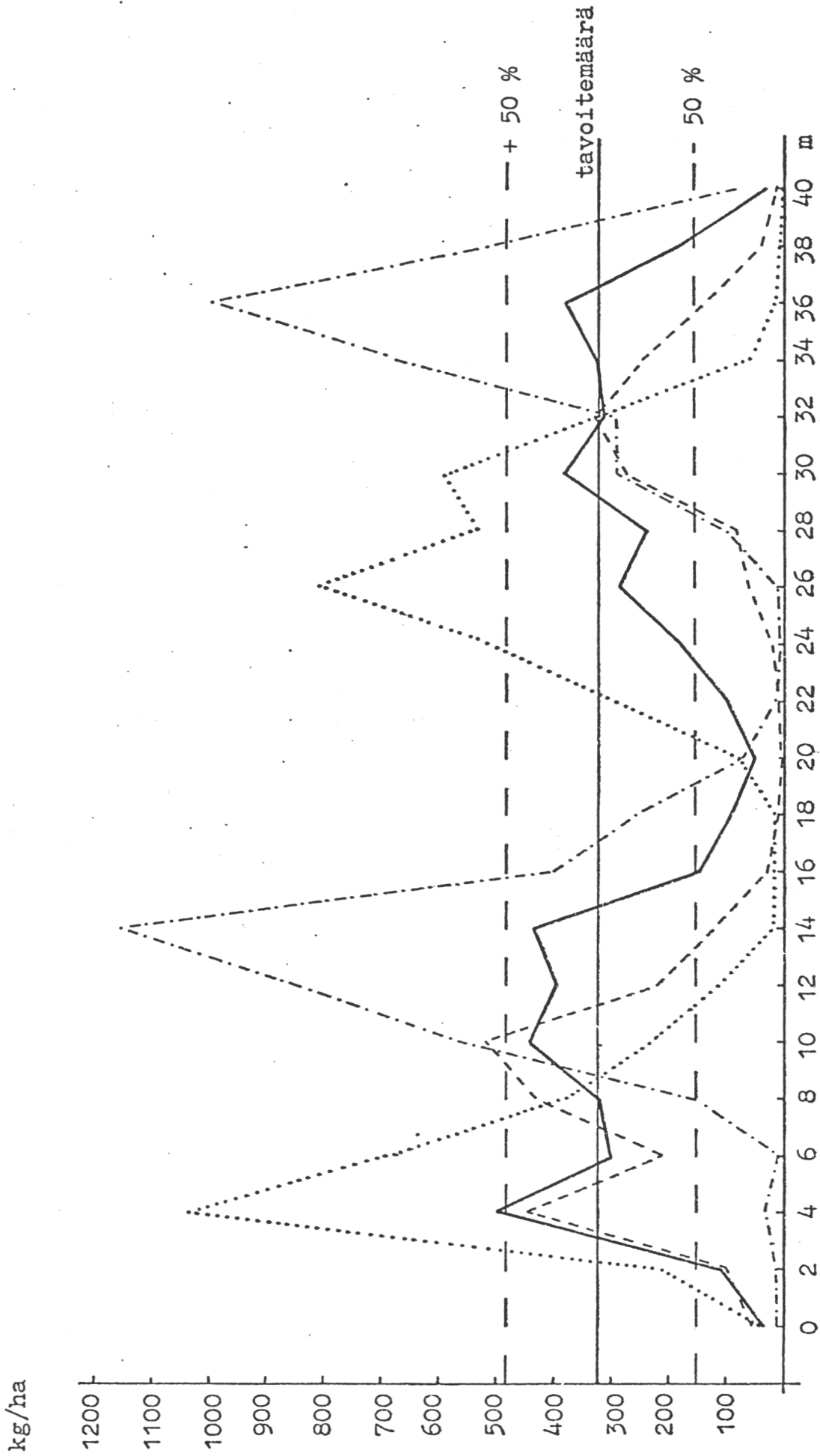
Lannoitejakauma traktorilannoituskokeessa VIII. Ammoniumnitraatti, tavoite 450 kg/ha, poikkeama-prosentti 36,5. Yhtenäinen viiva on keskimääräinen tulos.



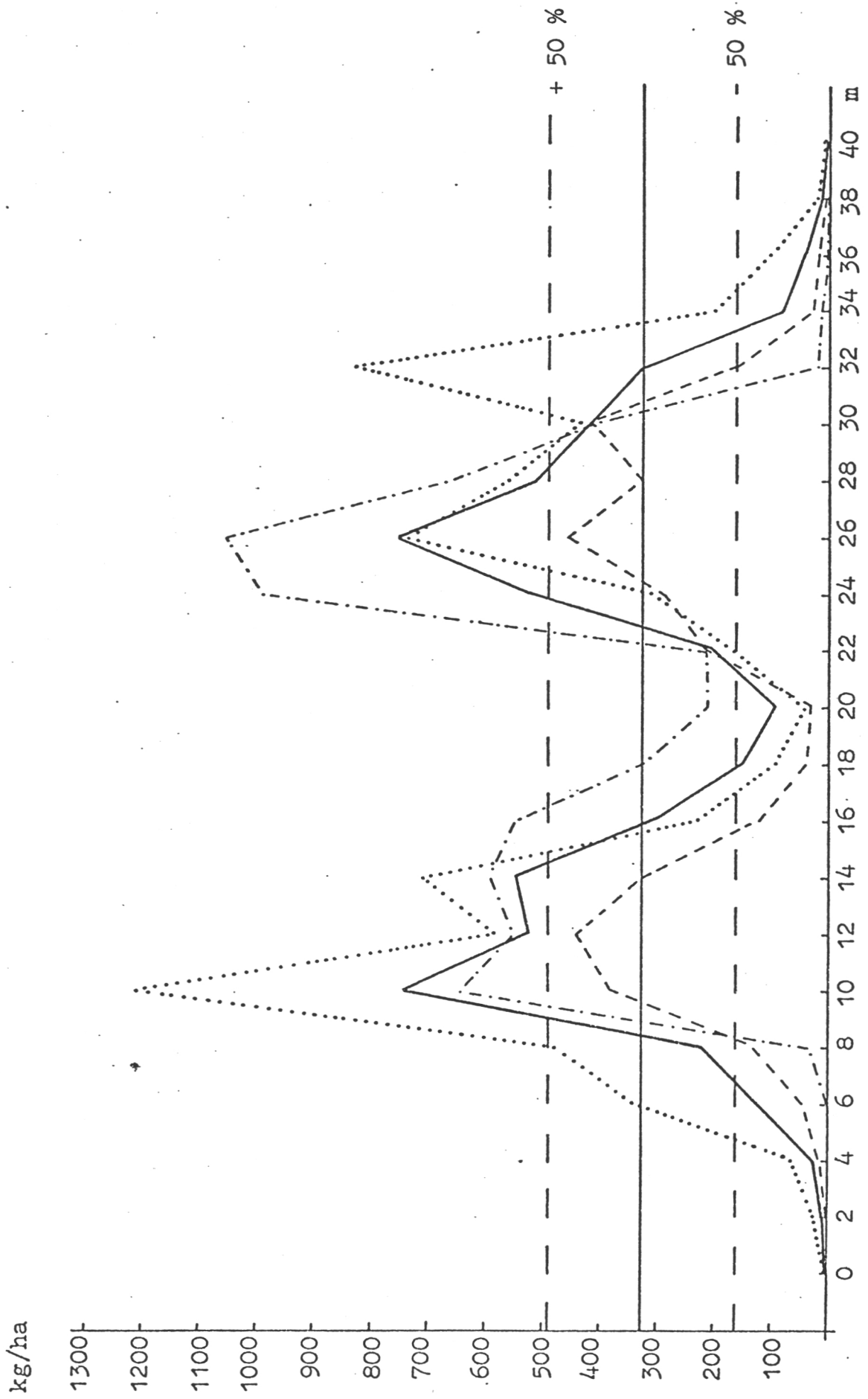
Lannoitejakautuma lentolannoituskokeessa I. Oulunsalpietari, tavoite 575 kg/ha, poikkeamapro-
senti 76,2. Yhtenäinen viiva on keskimääräinen tulos.



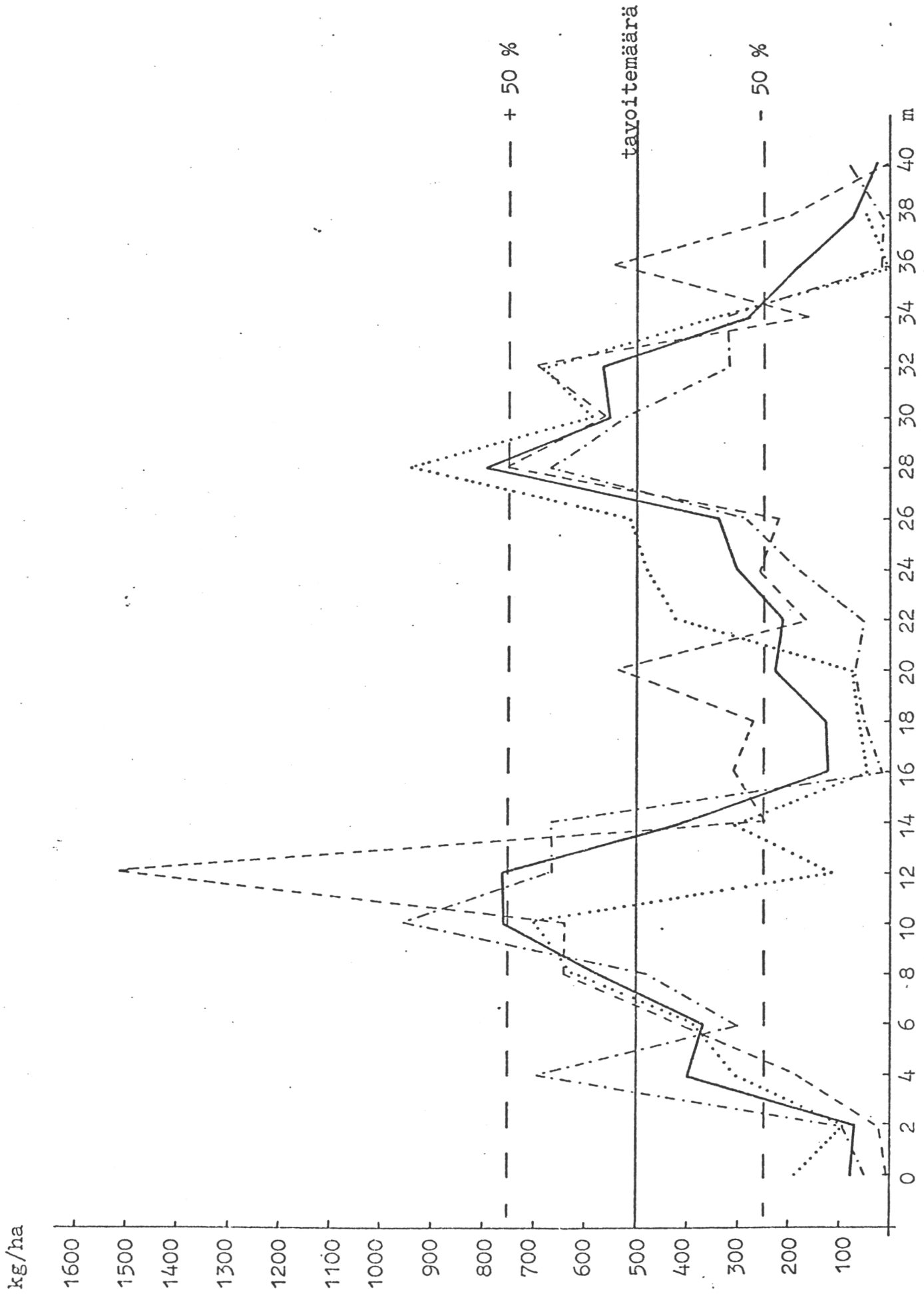
Lannoitejakauma lentolannoituskokeessa II. Oulunsalpietari, tavoite 575 kg/ha, poikkeamapro-
sentti 73,8. Yhtenäinen viiva on keskimääräinen tulos.



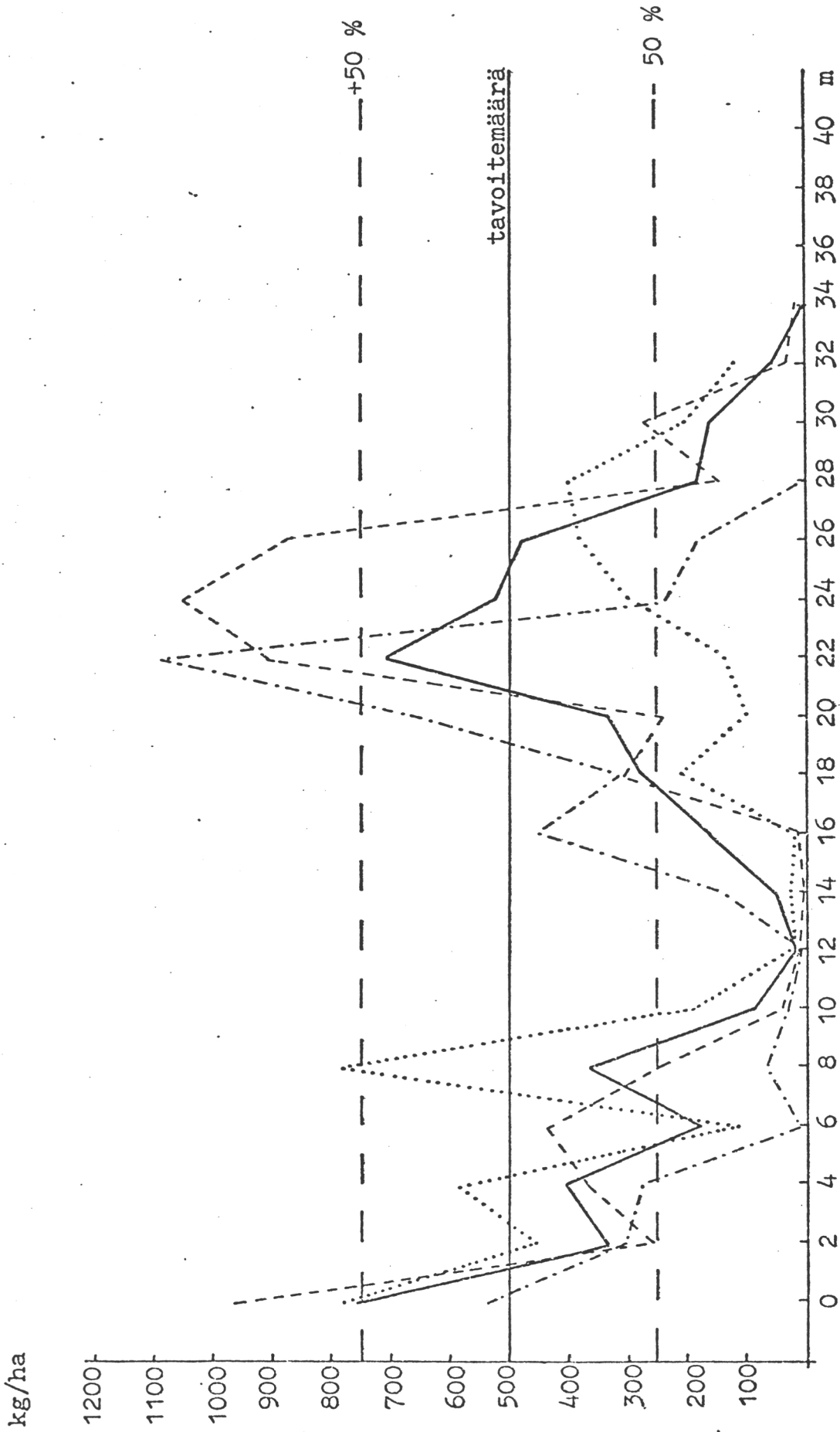
Lannoitejakauma lentolannoituskokeessa III. Urea, tavoite 325 kg/ha, poikkeamaprosentti 74,6.
 Yhtenäinen viiva on keskimääräinen tulos.



Lannoitejakauma lentolannoituskokeessa IV. Urea, tavoite 325 kg/ha, poikkeamaprosentti 69,8. Yhtenäinen viiva on keskimääräinen tulos.

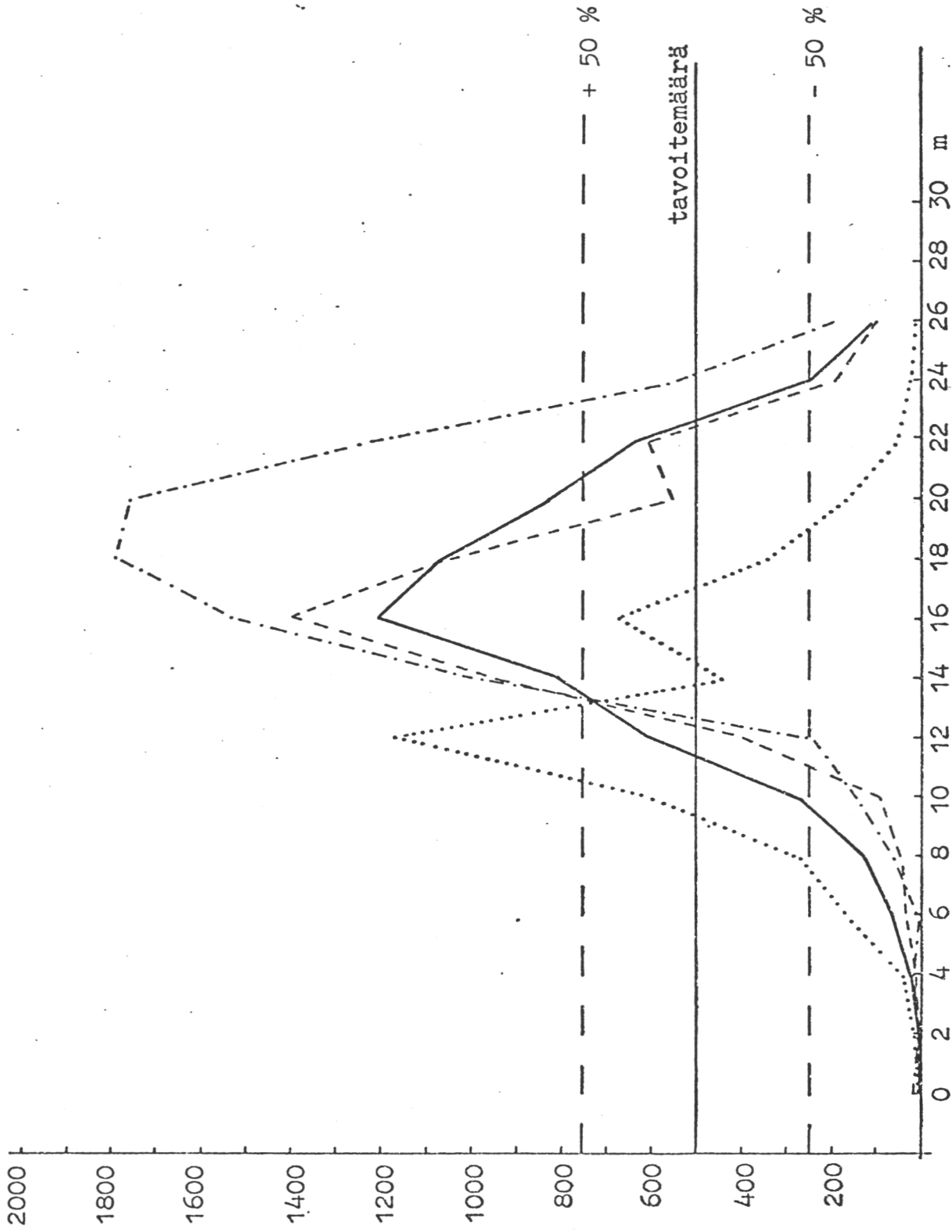


Lannoitejakauma lentolannoituskokeessa V. Metsäsalmietari, tavoite 500 kg/ha, poikkeamaprosentti 47,6. Yhtenäinen viiva on keskimääräinen tulos.

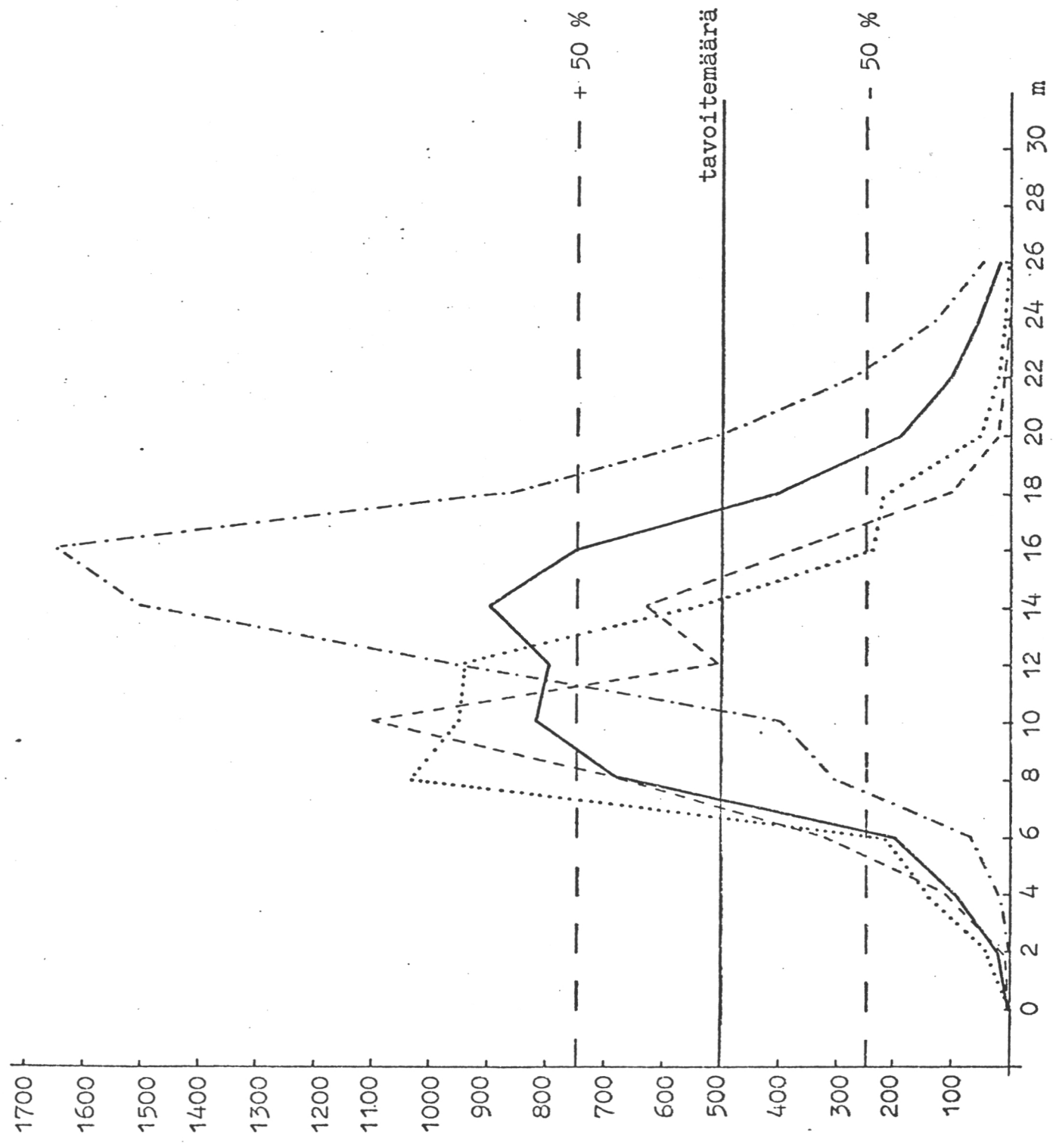


Lannoitejakauma lentolannoituskokeessa VI. Metsäsalpietari, tavoite 500 kg/ha, poikkeamaprosentti 71,4.
 Yhtenäinen viiva on keskimääräinen tulos.

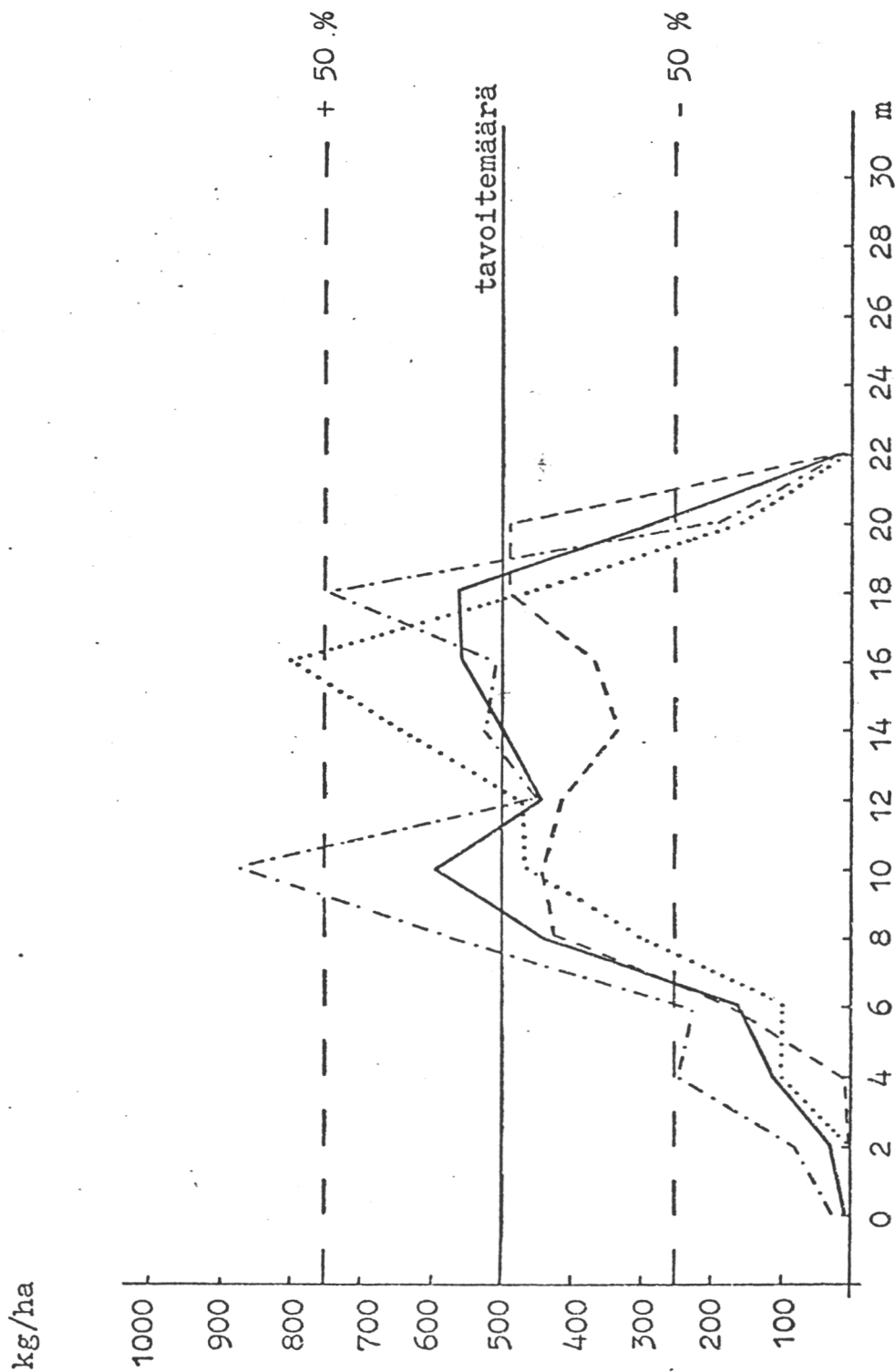
kg/ha



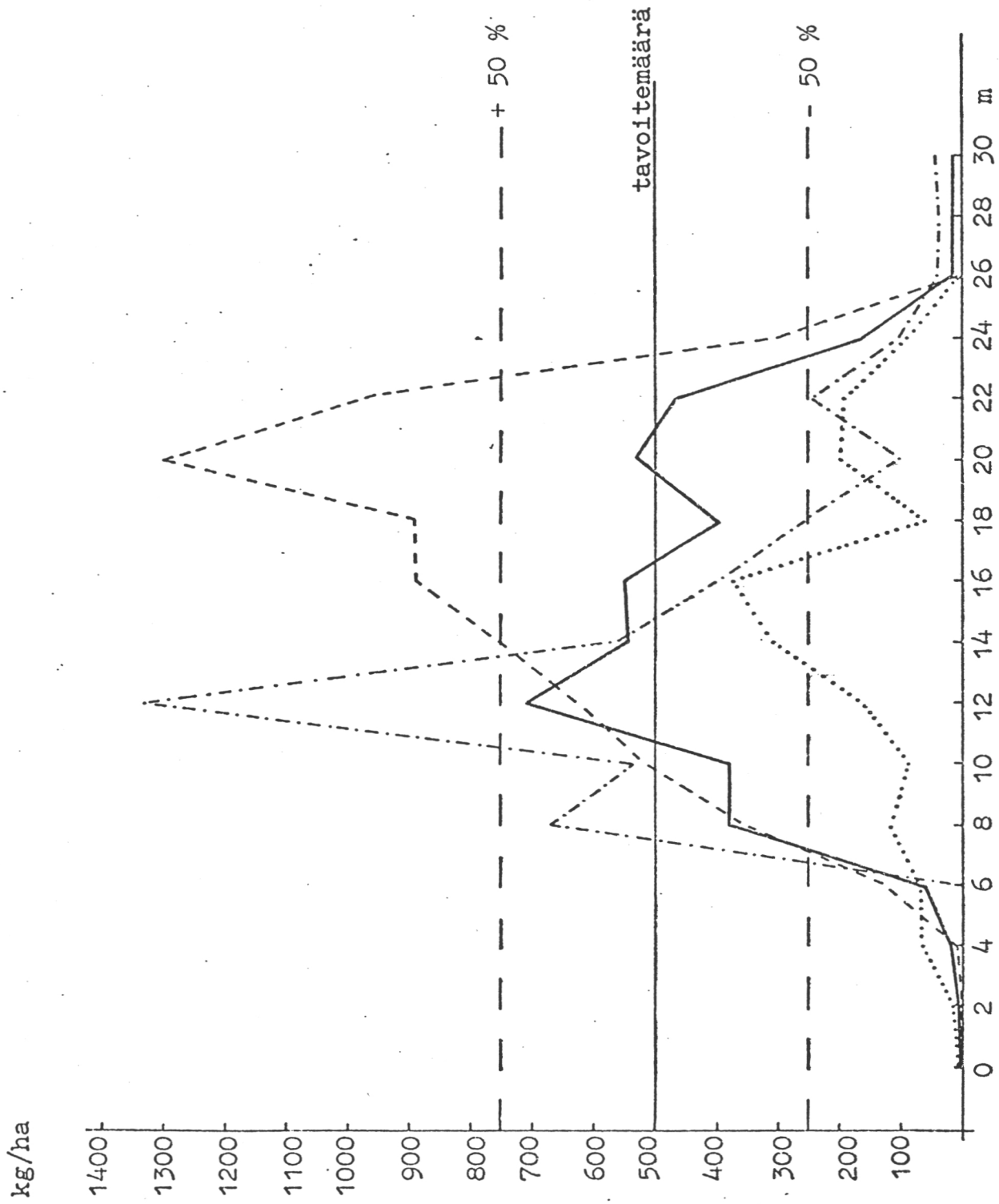
Lannoitejakauma lentolannoituskokeessa VII. PK-rakeinen, tavoite 500 kg/ha, poikkeamaprosentti 78,6. Yhtenäinen viiva on keskimääräinen tulos.



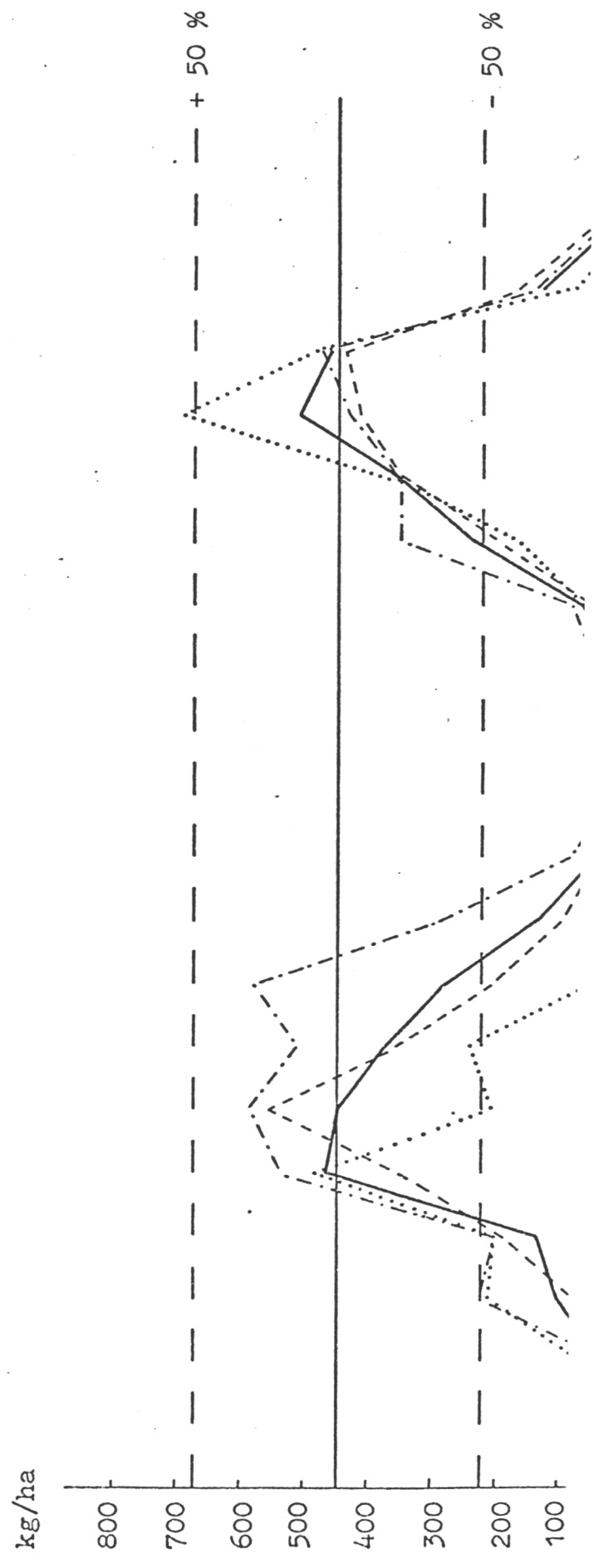
Lannoitejakauma lentolannoituskokeessa VIII. PK-rakeinen, tavoite 500 kg/ha, poikkeamaprosentti 76,2. Yhtenäinen viiva on keskimääräinen tulos.



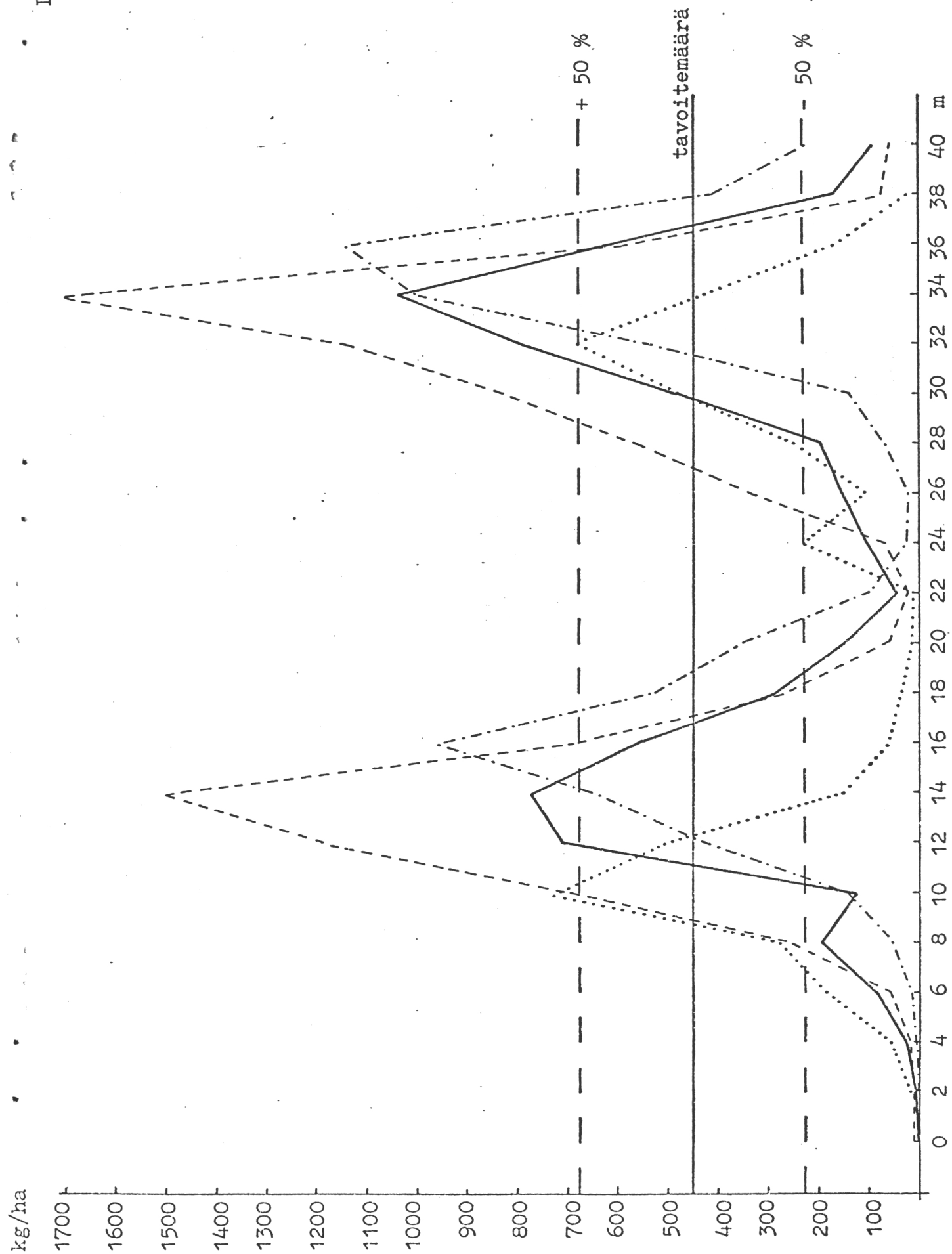
Lannoitejakauma lentolannoituskokeessa IX. PK-jauhemainen, tavoite 500 kg/ha, poikkeama-
prosentti 64,6.. Yhtenäinen viiva on keskimääräinen tulos.



Lannoitejakauma lentolannoituskokeessa X. PK-jauhemainen, tavoite 500 kg/ha, poikkeama- prosentti 77,1. Yhtenäinen viiva on keskimääräinen tulos.







Lannoitejakauma lentolannoituskokeessa XII. Ammoniumnitraatti, tavoite 450 kg/ha, poikkeama- prosentti 71,4. Yhtenäinen viiva on keskimääräinen tulos.

